

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-225892

(43)Date of publication of application : 22.08.1995

(51)Int.Cl.

G08G 1/09
B60K 31/00
B60R 21/00
G08G 1/16
// G01S 17/93
G05D 1/02

(21)Application number : 06-015564

(71)Applicant : FUJI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 09.02.1994

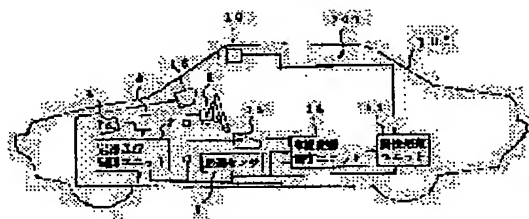
(72)Inventor : HANAWA KEIJI

4) VEHICLE TRAVELING CONTROLLER

(57)Abstract:

PURPOSE: To keep a safe distance from the vehicle ahead by means of a device which can be simply connected to an existing constant speed traveling controller and to ensure the high reliability while minimizing the increase of the cost for a vehicle traveling controller.

CONSTITUTION: An inter-vehicle distance control unit 14 sets the target value of a proper inter-vehicle distance based on the traveling speed of its own vehicle and decides the acceleration or deceleration based on the distance from and the relative speed to the vehicle ahead which are calculated by an image processing unit 13. Then the unit 14 outputs a signal to an existing constant speed traveling control unit 2 like in a case where a driver manually operates a constant speed control lever to perform the acceleration or deceleration. The unit 2 receives the acceleration or deceleration signal from the unit 14 and actuates a throttle actuator 3 to accelerate or decelerate its own vehicle. Meanwhile the unit 14 also decides the abnormal access and the possibility of collision to other vehicles and shows these deciding results on a display 16 to warn the driver. Thus the driver can secure his driving safety by performing a braking operation, etc.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 06.01.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(11)特許出願公開番号

特開平7-225892

(43)公開日 平成7年(1995)8月22日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 8 G 1/09	V	7740-3H		
	S	7740-3H		
B 6 0 K 31/00	Z			
B 6 0 R 21/00	C	9434-3D		
		4240-5J	G 0 1 S 17/ 88	A
審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 33 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平6-15564

(22)出願日 平成6年(1994)2月9日

(71)出願人 000005348

富士重工業株式会社

東京都新宿区西新宿一丁目7番2号

(72) 発明者 堀 圭二

東京都三鷹市大沢3丁目9番6号 株式会社スバル研究所内

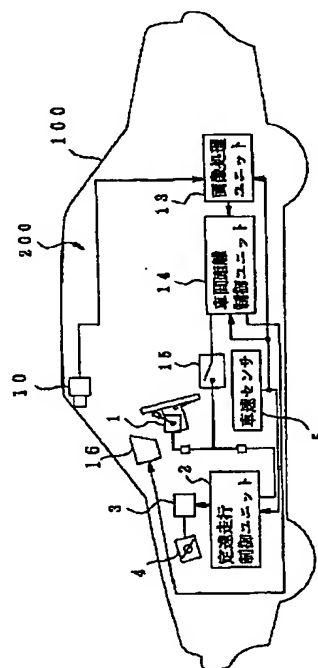
(74) 代理人 弁理士 伊藤 進

(54)【発明の名称】 車輛の走行制御装置

(57) 【要約】

【目的】 既存の定速走行制御装置に簡単に接続できる装置を用いて先行車との車間距離を安全に保ち、コストの増大を最小限に押えつつ高い信頼性を得る。

【構成】 車間距離制御ユニット14では、自車輛の走行速度から適切な車間距離の目標値を設定し、画像処理ユニット13で算出した先行車との車間距離及び相対速度に基づいて加速または減速の判断を行ない、運転者が定速走行操作レバーを手動操作して加速または減速を行なうのと同様の信号を既存の定速走行制御ユニット2に出力する。定速走行制御ユニット2では、車間距離制御ユニット14からの加速または減速の信号を受けてスロットルアクチュエータ3を動作させ、自車輛の加速・減速を行なう。また、車間距離制御ユニット14では、車間距離の異常接近や衝突の可能性も判断し、ディスプレイ16に表示して運転者に警告することにより、ブレーキ操作等を促すことにより安全を確保する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 運転者の操作入力によって設定される走行速度を維持するよう定速走行制御を行なうとともに、運転者からの指示操作入力によって走行状態を変更可能な定速走行制御手段を備えた車輛の走行制御装置において、

自車輛の進行方向に存在する先行車を検出し、先行車と自車輛との車間距離及び自車輛に対する先行車の相対速度を算出する先行車検出手段と、

自車輛の速度に基づいて目標車間距離を設定し、前記先行車検出手段で算出した車間距離及び相対速度に基づいて自車輛と先行車との車間距離を前記目標車間距離にするための速度制御モードを判断し、判断した速度制御モードに応じて、前記定速走行制御手段に運転者の指示操作入力に対応する信号を出力する車間距離制御手段とを備えたことを特徴とする車輛の走行制御装置。

【請求項2】 前記先行車検出手段で算出した先行車の相対速度が負の値のとき、前記定速走行制御手段によって自車輛を減速させたときの減速度から推定した所定時間経過後の車間距離が、前記車間距離制御手段で設定した目標車間距離に対して設定範囲内にあるか否かを判断し、その判断結果に応じて警報を出力する警報出力手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の車輛の走行制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、定速走行時に先行車との車間距離を安全に保つ車輛の走行制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、自動車等の車輛においては、走行中に運転者が操作スイッチ等によって希望の車速をセットすると、その速度を記憶し、アクセルペダルを踏まなくとも車輛を自動的に一定速度で走行させる定速走行制御装置が普及しており、高速道路を長時間走行する場合等に、運転者の疲労を軽減することができる。

【0003】このような定速走行制御装置では、前方に遅い車輛がいると、運転者が定速走行の操作スイッチやブレーキ等を操作して減速を行なわなければならない、先行車の少ない状況以外では有効性を十分に発揮することができないという問題があった。

【0004】このため、最近では、先行車と自車輛との車間距離を検出し、エンジンのスロットルやブレーキを制御して車間距離を安全に保つ装置が開発されており、例えば、特開昭63-52300号公報に、その先行技術が開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、エンジンのスロットルやブレーキを制御して車間距離を安全に保つ装置では、自動車の安全維持に必要な重要保安部品的设计変更を要することになり、厳しい信頼性評価が必

要となるばかりでなく、コストの大幅な増加も避けられない。

【0006】本発明は前記事情に鑑みてなされたもので、既存の定速走行制御装置に簡単に接続できる装置を用いて先行車との車間距離を安全に保ち、コストの増大を最小限に押さえつつ高い信頼性を得ることのできる車輛の走行制御装置を提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】第1の発明は、運転者の操作入力によって設定される走行速度を維持するよう定速走行制御を行なうとともに、運転者からの指示操作入力によって走行状態を変更可能な定速走行制御手段を備えた車輛の走行制御装置において、自車輛の進行方向に存在する先行車を検出し、先行車と自車輛との車間距離及び自車輛に対する先行車の相対速度を算出する先行車検出手段と、自車輛の速度に基づいて目標車間距離を設定し、前記先行車検出手段で算出した車間距離及び相対速度に基づいて自車輛と先行車との車間距離を前記目標車間距離にするための速度制御モードを判断し、判断した速度制御モードに応じて、前記定速走行制御手段に運転者の指示操作入力に対応する信号を出力する車間距離制御手段とを備えたものである。

【0008】第2の発明は、第1の発明において、前記先行車検出手段で算出した先行車の相対速度が負の値のとき、前記定速走行制御手段によって自車輛を減速させたときの減速度から推定した所定時間経過後の車間距離が、前記車間距離制御手段で設定した目標車間距離に対して設定範囲内にあるか否かを判断し、その判断結果に応じて警報を出力する警報出力手段を備えたものである。

【0009】

【作用】第1の発明では、先行車検出手段によって先行車を検出し、先行車と自車輛との車間距離及び自車輛に対する先行車の相対速度を算出すると、車間距離制御手段で、この車間距離及び相対速度に基づいて自車輛と先行車との車間距離を目標車間距離にするための速度制御モードを判断する。そして、判断した速度制御モードに応じて、運転者の指示操作入力に対応する信号を定速走行制御手段に出力する。

【0010】第2の発明では、第1の発明において、先行車検出手段で算出した相対速度が負の値で、先行車が近づいてくる状況のとき、警報出力手段で、前記定速走行制御手段によって自車輛を減速させたときの減速度から、所定時間推移後の車間距離を推定し、前記車間距離制御手段で設定した目標車間距離に対して設定範囲内にあるか否かを判断し、その判断結果に応じて警報を出力する。

【0011】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。図1～図45は本発明の第1実施例に係わり、図

1は走行制御装置の全体構成図、図2は定速走行制御ユニットと車間距離制御ユニットとの接続図、図3は車間距離制御装置の回路ブロック図、図4はディスプレイの画面を示す説明図、図5は車輛の正面図、図6はカメラと被写体との関係を示す説明図、図7はイメージプロセッサの詳細回路図、図8はシティブロック距離計算回路の説明図、図9は最小値検出回路のブロック図、図10は車載のCCDカメラで撮像した画像の例を示す説明図、図11は距離画像の例を示す説明図、図12は車輛の上面図、図13は車輛の側面図、図14は画像認識処理用コンピュータの機能ブロック図、図15は道路モデルの例を示す説明図、図16は3次元ウインドウの形状を示す説明図、図17は2次元ウインドウの形状を示す説明図、図18は直線要素とデータのずれ量を示す説明図、図19はずれ量と重み係数の関係を示す説明図、図20は検出した道路形状の例を示す説明図、図21は画像の区分方法を示す説明図、図22は検出物体とヒストグラムの関係を示す説明図、図23は物体の存在領域の検出結果と検出距離の例を示す説明図、図24は物体検出用の3次元ウインドウの形状を示す説明図、図25は物体検出用の2次元ウインドウの形状を示す説明図、図26は物体の輪郭を構成するデータの例を示す説明図、図27は物体の輪郭像と検出された外径寸法の例を示す説明図、図28は車間距離制御用コンピュータの機能ブロック図、図29は加減速判断の概念を示す説明図、図30は領域R4の区分を示す説明図、図31は領域R4での速度制御を示す説明図、図32は速度制御の効果を示す説明図、図33は警報判断の説明図、図34はイメージプロセッサの動作を示すフローチャート、図35はシフトレジスタ内の保存順序を示す説明図、図36はシティブロック距離計算回路の動作を示すタイミングチャート、図37はずれ量決定部の動作を示すタイミングチャート、図38はイメージプロセッサの動作を示すタイミングチャート、図39及び図40は道路検出処理のフローチャート、図41及び図42は物体検出処理のフローチャート、図43は速度制御処理のフローチャート、図44は操作入力対応処理のフローチャート、図44は警報出力処理のフローチャートである。

【0012】図1において、符号100は自動車等の車輛であり、この車輛100に搭載される走行制御装置200は、主として、運転者の操作入力によって設定される走行速度を維持するよう定速走行制御を行なうとともに、運転者からの指示操作入力によって走行状態を変更可能な定速走行制御手段としての機能を実現する定速走行制御ユニット2と、自車輛の進行方向に存在する先行車を検出し、先行車と自車輛との車間距離及び自車輛に対する先行車の相対速度を算出する先行車検出手段としての機能を実現するステレオ光学系10及び画像処理ユニット13と、自車輛の速度に基づいて目標車間距離を設定し、前記先行車検出手段で算出した車間距離及び相

対速度に基づいて自車輛と先行車との車間距離を前記目標車間距離にするための速度制御モードを判断し、判断した速度制御モードに応じて、前記定速走行制御手段に運転者の指示操作入力に対応する信号を出力する車間距離制御手段の機能、及び、前記先行車検出手段で算出した先行車の相対速度が負の値のとき、前記定速走行制御手段によって自車輛を減速させたときの減速度から推定した所定時間経過後の車間距離が、前記車間距離制御手段で設定した目標車間距離に対して設定範囲内にあるか否かを判断し、その判断結果に応じて警報を出力する警報出力手段としての機能を実現する車間距離制御ユニット14とから構成され、定速走行時における先行車との車間距離を自動的に一定に保ち、運転者の負担を軽減して安全を確保するようになっている。

【0013】前記定速走行制御ユニット2は、例えば、ステアリングコラムの側部に設けられた定速走行操作レバーに連結される定速走行スイッチ1、定速走行制御ユニット2、スロットルアクチュエータ3等が接続される既存の装置が採用され、運転者が図示しないメインスイッチをONにし、前記定速走行操作レバーにより希望する速度のセットを行なうと、前記定速走行スイッチ1からの信号が前記定速走行制御ユニット2に入力され、車速センサ5からの信号に基づいて前記スロットルアクチュエータ3を駆動してエンジンのスロットルバルブ4の開度を制御し、設定速度で自動的に定速走行を行なうようになっている。また、運転者は前記定速走行操作レバーにより設定速度を変更することができ、アクセル・ブレーキ操作等によって定速走行を一時解除して加速や減速を行なうこともできる。

【0014】一方、前記ステレオ光学系10は、車外の対象を撮像する撮像系としての左右1組のカメラからなり、これらの左右1組のカメラが接続される前記画像処理ユニット13では、前記ステレオ光学系10によって撮像した左右1組のステレオ画像対を処理して画像全体に渡る3次元の距離分布を算出し、その距離分布情報から、道路形状や複数の立体物の3次元位置を高速で検出する。そして、検出した道路形状と各立体物の位置を比較して自車輛の先行車を特定し、前記車速センサ5からの信号に基づいて先行車との車間距離及び相対速度を前記車間距離制御ユニット14に出力する。

【0015】前記車間距離制御ユニット14は、運転者に対する高度な支援制御を行なうアクティブドライバアシスト(ADA)システムの一機能を担い、前記画像処理ユニット13が接続されるとともに、運転者の前方に設置したディスプレイ16が接続されている。さらに、前記定速走行制御ユニット2と前記車間距離制御ユニット14との間には、運転者の操作によってこれらの接続を切替える切換スイッチ15が介装されている。

【0016】前記車間距離制御ユニット14では、前記車速センサ5から得られる自車輛の走行速度から適切な

車間距離の目標値を設定し、前記画像処理ユニット13で算出した先行車との車間距離及び相対速度から加速又は減速の判断を行ない、運転者が定速走行操作レバーを手動操作して加速または減速を行なうのと同様の信号を前記定速走行制御ユニット2に出力する。これにより、前記定速走行制御ユニット2では、車間距離制御ユニット14からの加速または減速の信号を受けてスロットルアクチュエータ3を動作させ、車輛の加速・減速を行なう。

【0017】また、前記車間距離制御ユニット14では、車間距離及び相対速度に基づき先行車に対する異常接近や衝突の可能性も判断し、前記ディスプレイ16に表示して運転者に警告することにより、ブレーキ操作等を促すことにより安全を確保する。

【0018】前記ディスプレイ16の画面には、図4に示すように、車輛前方の風景を、後述する距離画像の状態で表示するモニタ部16aが中央部に設けられており、このモニタ部16aの側部に、ADAの各モード（クルーズ、ガイド、アシスト、チェック）を表示するモード表示部16bが設けられ、前記切換スイッチ15に連動する後述のスイッチから規定の信号が入力されると、クルーズモードが選択され、前記モード表示部16bの“クルーズ”の表示が点灯するようになっている。

【0019】また、前記モニタ部16aの上部には、データ表示部16cと、楕円を4分割した形状で車輛の前後左右を表わす位置表示部16dとが設けられ、前記モニタ部16a下部には、ADAの各モードにおける文字及び数値を表示するモードデータ表示部16eが設けられ、クルーズモードが選択されると、図4に示すように、車間距離、速度の文字の下に、算出した数値が表示され、前記位置表示部16dの前後部分が点灯する。この位置表示部16dは、通常は緑色で点灯され、先行車に異常接近するおそれがある場合には例えば黄色で点灯され、また、衝突の可能性がある場合には例えば赤色で点灯される。これにより、運転者に警告を与えてブレーキ操作を促す。尚、簡易的には、前記ディスプレイ16に代えて、異常を告げる警告灯を採用しても良く、また、ブザー等の音による警告あるいは音声による警告でも良い。

【0020】この場合、運転者は、前記切換スイッチ15を操作することによって前記車間距離制御ユニット14による車間距離制御（速度自動制御）の入／切を行なうことができ、前記切換スイッチ15を切にすると従来の定速走行制御と全く同様の機能となる。

【0021】図2は、前記定速走行制御ユニット2と前記車間距離制御ユニット14との詳細接続図であり、前記車間距離制御ユニット14には、速度制御処理、操作入力対応処理、警報出力処理等を行なう車間距離制御用コンピュータ120が備えられ、この車間距離制御用コンピュータ120に、2個のリレー17、18の各リレー

ーコイル17a、18aが接続されている。

【0022】また、前記定速走行スイッチ1は、定速走行を一時解除したとき解除前の設定速度に復帰させる（リジューム）ため、あるいは車速を上げる（アクセル）ために使用されるリジューム／アクセルスイッチ1aと、速度をセットするため、あるいは速度を下げる（コースト）ために使用されるセット／コーストスイッチ1bとの2個のスイッチからなり、定速走行操作レバーを所定方向に回動することにより対応するスイッチがONされる。

【0023】前記各スイッチ1a、1bは、一方の端子がバッテリ6に接続される信号線7aに共に接続され、他方の端子がそれぞれ信号線7b、7cを介してマイクロコンピュータからなる前記定速走行制御ユニット2に接続されており、前記定速走行制御ユニット2で運転者による定速走行操作レバーの操作が検知されるようになっている。

【0024】また、前記切換スイッチ15は、3個のスイッチ15a、15b、15cからなり、各スイッチ15a、15b、15cが、前記3本の信号線7a、7b、7cの途中から分岐された分岐線8a、8b、8cにそれぞれ介装されている。分岐線8b、8cは、前記車間距離制御ユニット14内で、前記リレー17、18の各リレー接点17a、18aの一方の端子に接続され、これらのリレー接点17a、18aの他方の端子が共に分岐線8aに接続されている。

【0025】すなわち、前記定速走行制御ユニット2に対し、前記定速走行スイッチ1と前記切換スイッチ15が並列に接続され、運転者によって前記切換スイッチ15が閉にされたとき、前記車間距離制御用コンピュータ120でリレー17、18を開閉することにより、運転者が定速走行操作レバーを操作して前記定速走行スイッチ1を開閉した場合と同じ信号を発生し、前記定速走行制御ユニット2に送信する。

【0026】さらに、前記3本の分岐線8a、8b、8cのうち、分岐線8b、8cは、前記車間距離制御ユニット14内でそれぞれ信号線8d、8eに分岐されて前記車間距離制御用コンピュータ120に接続されており、運転者の定速走行操作レバーの操作状態を前記車間距離制御用コンピュータ120で検知し、運転者の操作に対して相反する信号を前記定速走行制御ユニット2に送らないようになっている。

【0027】次に、前記画像処理ユニット13及び前記車間距離制御ユニット14のハードウェア構成について説明する。

【0028】図3に示すように、前記画像処理ユニット13に接続される前記ステレオ光学系10は、例えば電荷結合素子（CCD）等の固体撮像素子を用いたCCDカメラを用いて構成し、後述するように、遠距離用としての左右1組のCCDカメラ11a、11b、及び、近

距離用としての左右1組のCCDカメラ12a, 12bを備えている。

【0029】前記画像処理ユニット13には、前記ステレオ光学系10で撮像した画像を処理し、画像のような形態をした距離分布データ(距離画像)を出力するイメージプロセッサ20と、このイメージプロセッサ20からの距離画像を処理する画像認識処理用コンピュータ110が内蔵されている。

【0030】前記イメージプロセッサ20は、前記ステレオ光学系10で撮像した2枚のステレオ画像対に対して微小領域毎に同一の物体が写っている部分を探索し、対応する位置のずれ量を求めて物体までの距離を算出する距離検出回路20a、及び、この距離検出回路20aの出力である距離分布データを記憶する距離画像メモリ20bからなり、前記画像認識処理用コンピュータ110は、主として道路形状を検出する処理を行なうマイクロプロセッサ110aと、主として個々の立体物を検出する処理を行なうマイクロプロセッサ110bと、距離画像から実空間への座標変換処理等の他の処理を行なうマイクロプロセッサ110cがシステムバス111を介して並列に接続されたマルチマイクロプロセッサのシステム構成となっている。

【0031】そして、前記システムバス111には、前記距離画像メモリ20bに接続されるインターフェース回路112と、制御プログラムを格納するROM113と、計算処理途中の各種パラメータを記憶するRAM114と、処理結果のパラメータを記憶する出力用メモリ115と、車速センサ5、ステアリングの操舵角を検出する舵角センサ9、前記切換スイッチ15に連動してADAにおけるクルーズモードを選択するスイッチ19等の車輛100に備えられたセンサ・スイッチ類からの信号を入力するインターフェース回路116とが接続されている。

【0032】前記画像認識処理用コンピュータ110においては、各マイクロプロセッサ110a, 110b, 110cが使用するメモリの領域が分けられており、前記イメージプロセッサ20からの距離情報に基づいて道路形状検出処理、立体物検出処理を実行し、運転者によって前記切換スイッチ15が操作され、この操作に連動して前記スイッチ19から規定の信号が入力されると、検出した道路形状と各立体物の位置、先行車との車間距離及び相対速度等のデータを出力用メモリ115に出力する。

【0033】前記出力用メモリ115に記憶されたデータは、前記車間距離制御用コンピュータ120に読み込まれる。前記車間距離制御用コンピュータ120は、加減速判断による速度制御、警報発生等の処理を行なうマイクロプロセッサ120aに、前記出力用メモリ115が接続されるインターフェース回路122と、制御プログラムを格納するROM123と、計算処理途中の各種

パラメータを記憶するRAM124と、前記ディスプレイ16を制御するためのディスプレイコントローラ(DISPLAY CONT.)126と、前記車速センサ5、前記リレー17, 18、及び、前記分岐線8b, 8cが接続される入出力インターフェース回路127とが、バス121を介して接続されている。

【0034】以下、前記イメージプロセッサ20、前記画像認識処理用コンピュータ110、及び、前記車間距離制御用コンピュータ120の機能について説明する。

【0035】前記ステレオ光学系10を構成する左右1組のカメラは、図5に示すように、遠距離の左右画像用としての2台のCCDカメラ11a, 11b(代表してCCDカメラ11と表記する場合もある)が、それぞれ車室内の天井前方に一定の間隔をもって取り付けられるとともに、近距離の左右画像用としての2台のCCDカメラ12a, 12b(代表してCCDカメラ12と表記する場合もある)が、それぞれ、遠距離用のCCDカメラ11a, 11bの内側に一定の間隔をもって取り付けられている。

【0036】前記ステレオ光学系10として、直近から例えば100m遠方までの距離計測を行なう場合、車室内のCCDカメラ11, 12の取付位置を、例えば、車輛100のボンネット先端から2mとすると、実際には前方2mから100mまでの位置を計測できれば良い。

【0037】そこで、近距離用のCCDカメラ12a, 12bでは、前方2mから20mまでの位置を計測し、遠距離用のCCDカメラ11a, 11bでは、前方10mから100mまでの位置を計測すれば、近距離用CCDカメラ12と遠距離用CCDカメラ11とで前方10mから20mの間にオーバーラップを有して信頼性を確保しつつ、全ての範囲を計測することができる。

【0038】以下に、イメージプロセッサ20による距離の算出方法を、遠距離用CCDカメラ11を例に説明するが、近距離用CCDカメラ12に対しても同様の処理により距離の算出が行われる。なお、本実施例では、高速道路等での定速走行時に先行車との車間距離を求めるため、遠距離用CCDカメラ11を用いる。

【0039】すなわち、図6に示すように、遠距離用の2台のCCDカメラ11a, 11bの取付間隔をrとして、2台のカメラ11a, 11bの設置面から距離Dにある点Pを撮影する場合、2台のカメラ11a, 11bの焦点距離を共にfとすると、点Pの像は、それぞれのカメラについて焦点位置からfだけ離れた投影面に写る。

【0040】このとき、右のCCDカメラ11bにおける像の位置から左のCCDカメラ11aにおける像の位置までの距離は、 $r+x$ となり、このxをずれ量とすると、点Pまでの距離Dは、ずれ量xから以下の式で求めることができる。

【0041】

$$D = r \times f / x$$

この左右画像のずれ量 x は、エッジ、線分、特殊な形等、何らかの特徴を抽出し、それらの特徴が一致する部分を見つけ出すことによって検出できるが、情報量の低下を避けるため、前記イメージプロセッサ20では、左右画像における同一物体の像を見つけ出す際に画像を小領域に分割し、それぞれの小領域内の輝度あるいは色のパターンを左右画像で比較して対応する領域を見つけ出すことにより、小領域毎の距離分布を全画面に渡って求める。

$$H = \sum |A_i - B_i|$$

このシティブロック距離 H によるステレオマッチングでは、平均値を減算することによる情報量の低下もなく、乗算がないことから演算速度を向上させることができるが、分割すべき小領域の大きさが大き過ぎると、その領域内に遠方物体と近くの物体が混在する可能性が高くなり、検出される距離が曖昧になる。従って、画像の距離分布を得るためにも領域は小さい方が良いが、小さ過ぎると逆に一致度を調べるための情報量が不足する。このため、例えば、100m先にある幅1.7mの車輦が、

隣の新車の車輦と同じ領域内に含まれないように、4つに分割される画素数を領域横幅の最大値とすると、前記ステレオ光学系10に対して4画素となる。この値を基準に最適な画素数を実際の画像で試行した結果、縦横共に4画素となる。

【0044】以下の説明では、画像を4×4画素の小領域で分割して左右画像の一致度を調べるものとし、ステレオ光学系10は、遠距離用のCCDカメラ11a、11bで代表するものとする。

【0045】前記イメージプロセッサ20の回路詳細は、図7に示され、この回路では、距離検出回路20aに、前記ステレオ光学系10で撮像したアナログ画像をデジタル画像に変換する画像交換部30、この画像交換部30からの画像データに対し、左右画像のずれ量 x を決定するためのシティブロック距離 H を画素を一つずつずらしながら次々と計算するシティブロック距離計算部40、シティブロック距離 H の最小値 H_{MIN} 及び最大値 H_{MAX} を検出する最小・最大値検出部50、この最小・最大値検出部50で得られた最小値 H_{MIN} が左右小領域の一致を示すものであるか否かをチェックしてずれ量 x を決定するずれ量決定部60が備えられており、また、距離画像メモリ20bとしてデュアルポートメモリ90が採用されている。

【0046】前記画像交換部30では、左右画像用のCCDカメラ11a、11bに対応してA/Dコンバータ31a、31bが備えられ、各A/Dコンバータ31a、31bに、データテーブルとしてのルックアップテーブル(LUT)32a、32b、前記CCDカメラ11a、11bで撮像した画像を記憶する画像メモリ33a、33bが、それぞれ接続されている。尚、前記画像

... (1)

*【0042】左右画像の一致度の評価すなわちステレオマッチングは、右画像、左画像の i 番目画素の輝度(色を用いても良い)を、それぞれ、 A_i 、 B_i とすると、例えば、以下の(2)式に示すシティブロック距離 H によって行なうことができ、左右画像の各小領域間のシティブロック距離 H の最小値が所定の条件を満たすとき、互いの小領域が対応すると判断することができる。

【0043】

*10

... (2)

メモリ33a、33bは、後述するように、シティブロック距離計算部40で画像の一部を繰返し取り出して処理するため、比較的低速のメモリから構成することができ、コスト低減を図ることができる。

【0047】各A/Dコンバータ31a、31bは、例えば8ビットの分解能を有し、左右のCCDカメラ11a、11bからのアナログ画像を、所定の輝度階調を有するデジタル画像に変換する。すなわち、処理の高速化のため画像の二値化を行なうと、左右画像の一致度を計算するための情報が著しく失われるため、例えば256階調のグレースケールに変換するのである。

【0048】また、LUT32a、32bはROM上に構成され、前記A/Dコンバータ31a、31bでデジタル量に変換された画像に対し、低輝度部分のコントラストを上げたり、左右のCCDカメラ11a、11bの特性の違いを補正する。そして、LUT32a、32bで変換された信号は、一旦、画像メモリ33a、33bに記憶される。

【0049】前記シティブロック距離計算部40では、前記画像交換部30の左画像用の画像メモリ33aに、共通バス80を介して2組の入力バッファメモリ41a、41bが接続されるとともに、右画像用の画像メモリ33bに、共通バス80を介して2組の入力バッファメモリ42a、42bが接続されている。

【0050】前記左画像用の各入力バッファメモリ41a、41bには、2組の例えば8段構成のシフトレジスタ43a、43bが接続され、右画像用の各入力バッファメモリ42a、42bには、同様に、2組の例えば8段構成のシフトレジスタ44a、44bが接続されている。さらに、これら4組のシフトレジスタ43a、43b、44a、44bには、シティブロック距離を計算するシティブロック距離計算回路45が接続されている。

【0051】また、前記右画像用のシフトレジスタ44a、44bには、後述するずれ量決定部60の2組の10段構成のシフトレジスタ64a、64bが接続されており、次の小領域のデータ転送が始まると、シティブロック距離 H の計算の終わった古いデータはこれらのシフトレジスタ64a、64bに送られ、ずれ量 x の決定の際に用いられる。

50

【0052】また、シティブロック距離計算回路45は、加減算器に入出力ラッチをつなげてワンチップ化した高速CMOS型演算器46を組み合わせており、図8に詳細が示されるように、演算器46を16個ピラミッド状に接続したパイプライン構造で、例えば8画素分を同時に入力して計算するようになっている。このピラミッド型構造の初段は、絶対値演算器、2段～4段は、それぞれ、第1加算器、第2加算器、第3加算器を構成し、最終段は総和加算器となっている。尚、図8においては、絶対値計算と1、2段目の加算器は半分のみ表示している。

【0053】また、前記各入力バッファメモリ41a、41b、42a、42bは、シティブロック距離計算の速度に応じた比較的小容量の高速タイプであり、入出力が分離し、クロック発生回路85から供給されるクロックに従って、#1アドレスコントローラ86によって発生されるアドレスが共通に与えられる。また、4組のシフトレジスタ43a、43b、44a、44bとの転送は、#2アドレスコントローラ87によって制御される。

【0054】前記最小・最大値検出部50は、シティブロック距離Hの最小値HMINを検出する最小値検出回路51とシティブロック距離Hの最大値HMAXを検出する最大値検出回路52とを備えており、前記シティブロック距離計算回路45と同様の高速CMOS型演算器を最小値、最大値検出用として2個使用した構成となっており、シティブロック距離Hの出力と同期が取られるようになっている。

【0055】図9に示すように、最小値検出回路51は、具体的には、Aレジスタ46a、Bレジスタ46b、及び、算術論理演算ユニット(ALU)46cからなる演算器46に、Cラッチ53、ラッチ54、Dラッチ55を接続して構成され、シティブロック距離計算回路45からの出力が、Aレジスタ46aと、Cラッチ53を介してBレジスタ46bとに入力され、ALU46cの出力の最上位ビット(MSB)がラッチ54に出力される。このラッチ54の出力は、Bレジスタ46b及びDラッチ55に出力され、演算器46での最小値計算の途中の値が、Bレジスタ46bに保存されるとともに、そのときのずれ量 δ がDラッチ55に保存されるようになっている。尚、最大値検出回路52については、論理が逆になることと、ずれ量 δ を保存しないこと以外は、最小値検出回路51と同様の構成である。

【0056】前述したようにシティブロック距離Hは、一つの右画像小領域に対し、左画像小領域を1画素ずつずらしながら順次計算されていく。そこで、シティブロック距離Hの値が出力される毎に、これまでの値の最大値HMAX、最小値HMINと比較、更新することによって、最後のシティブロック距離Hの出力とほぼ同時に、その小領域におけるシティブロック距離Hの最大値HMAX、

最小値HMINが求まるようになっている。

【0057】前記ずれ量決定部60は、比較的小規模のRISCプロセッサとして構成され、演算器61を中心として、2本の16ビット幅データバス62a、62b、ずれ量xを保持するラッチ63a、第1の規定値としてのしきい値HAを保持するラッチ63b、第2の規定値としてのしきい値HBを保持するラッチ63c、第3の規定値としてのしきい値HCを保持するラッチ63d、右画像の輝度データを保持する2組のシフトレジスタ64a、64b、演算器61の出力を受けてずれ量xまたは“0”を出力するスイッチ回路65、そして出力された結果を一時保存する出力バッファメモリ66a、66b、回路の動作タイミングや演算器61の機能の制御プログラムが書き込まれた16ビット幅のROM67が備えられている。

【0058】前記演算器61は、ALU70を中心として、Aレジスタ71、Bレジスタ72、Fレジスタ73、及び、セクタ74からなり、前記データバス62a(以下、Aバス62aとする)にAレジスタ71が接続されるとともに、前記データバス62b(以下、Bバス62bとする)にBレジスタ72が接続され、ALU70の演算結果で前記スイッチ回路65を作動し、ずれ量xまたは“0”が前記出力バッファメモリ66a、66bに格納されるようになっている。

【0059】前記Aバス62aには、各しきい値HA、HB、HCを保持するラッチ63b、63c、63d、前記最大値検出回路52が接続され、前記Bバス62bには、前記最小値検出回路51が接続されている。さらに、前記Aバス62a及びBバス62bには、前記各シフトレジスタ64a、64bが接続されている。

【0060】また、前記スイッチ回路65には、前記演算器61が接続されるとともに、前記ラッチ63aを介して前記最小値検出回路51が接続され、後述する3つのチェック条件が演算器61で判定され、その判定結果に応じて前記出力バッファメモリ66a、66bへの出力が切り換えられる。

【0061】このずれ量決定部60では、得られたシティブロック距離Hの最小値HMINが本当に左右小領域の一致を示しているものかどうかチェックを行い、条件を満たしたもののみ、出力バッファメモリ66a、66bの対応する画素の位置にずれ量xを出力する。

【0062】すなわち、シティブロック距離Hが最小となるずれ量が求めるずれ量xとなる訳であるが、以下の3つのチェック条件を満足した場合にずれ量xを出力し、満足しない場合には、データを採用せずに“0”を出力する。

【0063】(1) $HMIN \leq HA$ ($HMIN > HA$ のときには距離を検出できず。)

(2) $HMAX - HMIN \geq HB$ (得られた最小値HMINがノイズによる揺らぎより明らかに低くなっていることを

チェックするための条件であり、最小値HMINの近傍の値との差でなく、最大値HMAXとの差をチェック対象とすることにより、曲面等の緩やかに輝度の変わる物体に対しても距離検出が行なえる。)

(3) 右画像の小領域内の横方向の隣接画素間の輝度差>HC (しきい値HCを大きくするとエッジ検出となるが、輝度が緩やかに変化している場合にも対応可能なように、しきい値HCは通常のエッジ検出レベルよりはずっと低くしてある。この条件は、輝度変化のない部分では、距離検出が行なえないという基本的な原理に基づいており、小領域中の画素毎に行なわれるため、小領域の中でも実際に距離の検出された画素のみが採用されることになり、自然な結果が得られる。)

このずれ量決定部60から出力される最終結果である距離分布情報は、距離画像メモリ20bとしてのデュアルポートメモリ90へ共通バス80を介して書き込まれる。

【0064】以上のイメージプロセッサ20から出力される距離分布情報は、画像のような形態をしており(距離画像)、CCDカメラ11で撮影した画像、例えば図10に示すように、立体物を撮像した画像(図10は片方のカメラで撮像した画像を示す)を前記イメージプロセッサ20で処理すると、図11のような画像となる。

【0065】図11に示す距離画像の例では、画像サイズは横400画素×縦200画素であり、距離データを持っているのは黒点の部分で、これは図10の画像の各画素のうち、左右方向に隣合う画素間で明暗変化が大き*

$$Y = CH - Z \times PW \times (j - JV) \quad \dots (3)$$

$$X = r/2 + Z \times PW \times (i - IV) \quad \dots (4)$$

ここで、CH : CCDカメラ11 (CCDカメラ12)の取付け高さ、

PW : 1画素当たりの視野角、

JV, IV : 車輪100の真正面の無限遠点の画像上の座標である。

※

$$j = (CH - Y) / (Z \times PW) + JV \quad \dots (5)$$

$$i = (X - r/2) / (Z \times PW) + IV \quad \dots (6)$$

尚、CCDカメラ11の取り付け位置を、前記実空間のXYZ座標系で示すと、例えば、右側のCCDカメラ11bは、X=0.45m、Y=1.24m、Z=0.0mであり、左側のCCDカメラ11aは、X=-0.45m、Y=1.24m、Z=0.0mとなる。

【0072】図14は、前記画像認識処理用コンピュータ110の機能構成を示すものであり、主として、マイクロプロセッサ110aによる道路検出部130と、マイクロプロセッサ110bによる物体認識部140とに大別され、道路検出部130及び物体認識部140の処理結果が、出力用メモリ115からなる道路・立体物パラメータ記憶部150に記憶され、前記車間距離制御用コンピュータ120、及び、ADAのための図示しない他の装置に読み込まれる。

*い部分である。画像上の座標系は、図11に示すように、左上隅を原点として横方向をi座標軸、縦方向をj座標軸とし、単位は画素である。

【0066】この距離画像は、画像認識処理用コンピュータ110に読み込まれ、前方に存在する他の車輪や障害物等の複数の物体が検出され、その位置と大きさ、位置の時間変化による自車との相対速度等が算出され、さらに、検出した物体の輪郭像が抽出される。

【0067】この場合、前記画像認識処理用コンピュータ110では、物体の3次元的位置情報を利用し、道路と物体の区別は道路表面からの高さによって行い、物体と背景の区別は距離の値によって行なう。そのため、前記画像認識処理用コンピュータ110では、まず、前記イメージプロセッサ20からの距離画像の座標系を、自車(車輪100)を取り巻く実空間の座標系に変換し、検出した立体物に対し、位置や大きさを計算する。

【0068】すなわち、図12及び図13に示すように、実空間の座標系を車輪100固定の座標系とし、X軸を車輪100の右側側方、Y軸を車輪100の上方、Z軸を車輪100の前方、原点を2台のCCDカメラ11a(12b)、11b(12b)の中央の真下の道路面とすると、XZ平面(Y=0)は、道路が平坦な場合、道路面と一致することになり、画像中の距離情報(i, j, Z)から被写体の3次元位置(X, Y, Z)を算出するには、以下の(3)、(4)式により一種の座標変換を行なう。

【0069】

$$Y = CH - Z \times PW \times (j - JV) \quad \dots (3)$$

$$X = r/2 + Z \times PW \times (i - IV) \quad \dots (4)$$

※【0070】また、実空間の3次元座標(X, Y, Z)から画像上の位置(i, j)を算出する式も、前記(3)、(4)式を変形し、次のようになる。

【0071】

$$j = (CH - Y) / (Z \times PW) + JV \quad \dots (5)$$

$$i = (X - r/2) / (Z \times PW) + IV \quad \dots (6)$$

【0073】さらに、前記道路検出部130の機能は、道路形状推定部131、3次元ウインドウ発生部132、直線要素検出部133、及び、道路形状判定部134に細分され、前記物体認識部140の機能は、物体検出部141、3次元ウインドウ発生部142、及び、物体輪郭像抽出部143に細分される。

【0074】前記道路検出部130では、距離画像メモリ20bに記憶された距離画像による3次元的位置情報を利用し、実際の道路上の白線だけを分離して抽出し、内蔵した道路モデルのパラメータを、実際の道路形状と合致するよう修正・変更して道路形状を認識する。

【0075】実際の画像では、道路上の白線に先行車などが重なって写るが、画像に写った道路の白線を2次元的な特徴を頼りに検出する従来の多くの装置では、白線

と立体物とを2次元的な特徴によって分離することは困難な場合が多いが、本装置では、白線の3次元的な位置情報を利用することにより、確実に白線と立体物とを分離することができる。すなわち、3次元空間では白線は道路の平面上にあり、一方、先行車などの立体物は道路平面より高い位置にある。そこで、道路面からの高さによって白線と立体物を区別するのである。

【0076】さらに、道路検出部130には道路モデルが内蔵されており、この道路モデルは、認識対象範囲までの道路の自車線を、設定した距離によって複数個の区間に分け、各区分毎に左右の白線を、後述する3次元の直線式で近似して折れ線状に連結したものであり、左右の折れ線で囲まれた範囲を自車輛の走行車線と判断する。道路形状の認識とは、3次元の直線式のパラメータを導出するプロセスともいえる。

【0077】図15は道路モデルの例であり、例えば、前方84mまでの道路を、第0区分R0、第1区分R1、第2区分R2、…、第6区分R6の7区分に分け、左カーブを近似表現したものである。この道路モデルでは、7個の区分で道路を近似表現することにより、直線路のみでなくカーブやS字路も十分な精度で表現でき、また、各区分は直線で表現されるため、計算処理や取扱いが簡単である。さらに、後述するように、各区分は、水平方*

$$\Delta Z = V \times \Delta t \quad \dots (7)$$

$$\Delta \theta = \Delta Z \times \tan(\eta / r_s) \times l / w_b \quad \dots (8)$$

ここで、 r_s ：ステアリングと前輪の回転比、
 w_b ：車輛のホイールベースである。

【0082】従って、前回の処理で検出した道路形状を ΔZ だけ手前に移動し、さらに、 $\Delta \theta$ だけ車輛100の回転と逆方向に道路形状を回転させることにより、 Δt 秒後の道路の概略の位置と形状が推定できるのである。

【0083】3次元ウィンドウ発生部132では、推定した道路形状RDを表す左右の折れ線の内の一つの直線要素 L_d を中心として、図16に示すような直方体状の3次元空間領域すなわち3次元ウィンドウWD3Aを設定し、この設定した3次元ウィンドウWD3Aが、図17に示すように、2次元の画像上でどのように見えるかを計算し、ウィンドウ輪郭線の内側(図17中の斜線部分)を2次元ウィンドウWD2Aとし、この中のデータのみを検出対象とする。

【0084】3次元ウィンドウWD3Aから2次元ウィンドウWD2Aを求めるには、3次元ウィンドウWD3Aの8個の頂点の各座標(X_n, Y_n, Z_n)から、前述した(5)(6)式を用いて画像上の座標(i_n, j_n)を計算し、これらの点を包絡する多角形を計算する。

【0085】この3次元ウィンドウWD3Aは、長さを各区分の区切り距離(例えば、第1区分R1では前方10~17m)と等しくし、一方、高さとは、車速などの状況に応じて変化させるが、道路形状の推定に誤差があり、実際の白線の位置とのずれが予想される場合には、

* 向及び垂直方向の直線式で表され、道路の上り下りや凹凸などの、道路の上下方向の形状も表現できる。

【0078】尚、前記道路モデルの各区分を区切る距離の値は、走行する道路のカーブの曲率に応じて変更する必要がある。一般の高速道路ではカーブの半径は最小で230m程度に設計されているため、このような場合、各区分の区切り距離を、10m、17m、25m、35m、48m、64m、84mにすると良好な結果が得られる。

10 【0079】次に、前記道路検出部130の機能を詳細に説明する。道路形状推定部131では、前回(Δt sec前)の道路形状の認識結果を基にし、車速センサ5、舵角センサ9からの出力信号を使って Δt 秒間の車輛100の動きを算出し、 Δt 秒後の車輛100の位置から見た道路形状を推定する。

【0080】すなわち、車速センサ5の出力信号を V (m/sec)、ステアリングコラムに取り付けた舵角センサ9の出力信号(操舵角)を η (rad)とすると、 Δt 秒間の車輛100の前進量 ΔZ (m)と回転角(ヨー角) $\Delta \theta$ (rad)は、一般に次式で概算できる。

【0081】

高さや幅を大きくして検出する範囲を広くする。しかし、ウィンドウを大きくし過ぎると、道路周辺の縁石や草木なども検出してしまい、誤認識の原因となるため、ウィンドウの大きさを適切に選定することは重要である。一般の高速道路の走行では、試験の結果、高さ0.4m~0.8m、幅0.4~1.6mの範囲で変化させると良いことがわかっている。

【0086】このように、2次元の画像上では道路の白線と立体物が重なり合っているが、3次元ウィンドウを設定して道路の表面付近のデータのみを抽出することにより、白線を立体物と区別して検出できる。また、道路周辺には縁石や草木などもあるが、3次元ウィンドウを設定して白線があると推定される位置の近辺のデータのみを抽出することによって、道路上の白線をこれらの縁石や草木などと区別して検出できる。さらには、2次元ウィンドウを設定することにより、探索する領域及びデータ数を少なくして処理時間を短縮することができるのである。

【0087】直線要素検出部133では、先に推定した道路形状の直線要素 L_d に対し、被写体の3次元位置のX方向のずれ量 ΔX 、Y方向のずれ量 ΔY を計算し、このずれ量 ΔX 、 ΔY に応じて設定した重み係数を各データに掛け、最小自乗法により、水平方向(XZ方向)及び垂直方向(YZ)方向の直線式を導出してパラメータを求める。

【0088】詳細には、まず、2次元ウィンドウWD2A内の画素を順次サーベイして行き、距離データを持っている画素について、前述の(3)、(4)式を用いて被写体の3次元位置(X, Y, Z)を計算し、距離Zの値が3次元ウィンドウWD3Aの長さの範囲(例えば、第1区間R1ではZ=10~17m)の外にある距離データは検出対象から除外する。

【0089】すなわち、3次元ウィンドウWD3Aの向こう側や手前側にある物体の画像は、2次元ウィンドウWD2A内に写り込むため、2次元ウィンドウWD2A内でサーベイされる被写体は、3次元ウィンドウWD3Aに包含されずとは限らない。そこで、各画素の被写体の3次元位置(X, Y, Z)を計算し、3次元ウィンドウWD3Aに含まれるか否かを判別するのである。

【0090】続いて、先に推定した道路形状の直線要素Ldと被写体の3次元位置を比較して図18に示すようなデータDiのX方向、Y方向のずれ量 ΔX_i 、 ΔY_i *

$$\text{水平方向: } X = a \times Z + b$$

$$\text{垂直方向: } Y = c \times Z + d$$

同時に、重み係数が設定値(例えば、0.05~0.1程度)以上のデータについて、その個数と、それらのデータが分布する距離Zの範囲を調べ、データ数が設定値(例えば、10個程度)以下の場合、または距離Zの範囲が3次元ウィンドウWD3Aの長さ(例えば、第1区間R1ではZ=10m~17mの長さ7m)の1/2以下の場合には、正確な直線要素Ldの候補は得られていないと判断し、前記で求めた直線式は棄却し、候補なしとする。

【0094】以上の処理を、左右および手前側から遠方側の区間に向かって順次行い、道路モデルを構成する全ての直線要素Ldの候補を求める。この場合、3次元ウィンドウの幅の設定が大き過ぎると、道路周辺の縁石や草木などが3次元ウィンドウの端に掛かって来る場合があるが、前記直線要素検出部133では、各データに重み係数を掛けて3次元ウィンドウの周辺部の重みを小さくすることにより、万一、縁石や草木などが掛かってきた場合にも、これらの影響を小さくし、安定して白線の直線式が導出できるのである。

【0095】道路形状判定部134では、各区間について、左右両方の直線要素Ldの候補について、水平方向及び垂直方向の平行度から妥当性を判定する。その判定の結果、妥当と判定した場合には、両方を新しい直線要素Ldの候補として採用し、一方、左右いずれかの直線要素Ldの候補が正確でないと判定した場合には、直線要素Ldの代用、補完を行なう。そして、求められた各直線要素Ldのパラメータを道路・立体物パラメータ記憶部150に出力する。

【0096】具体的には、まず、左側の直線要素Ldに対する(9)式のパラメータ(以下、左側を表すL、右側を表すRを各パラメータに付加して示す) aLと、右

*を計算し、3次元ウィンドウWD3Aの幅、高さの範囲内にあるデータのみを選別した後、X方向、Y方向のずれ量 ΔX_i 、 ΔY_i に応じたデータDiの重み係数を決定する。

【0091】前記重み係数は、図19に示すように、例えば、中心を1.0、周辺を0.0とする放物線状で、X方向の重み係数fxとY方向の重み係数fyの積を、そのデータDiの重み係数としている。また、重み係数が0.0以上となるX方向、Y方向の範囲は、3次元ウィンドウWD3Aの幅、高さと同じとするか、あるいは、これらより大きくする。

【0092】各データDiに対して、前記重み係数を掛けた後、最小自乗法を用いて、以下の(9)、(10)式に示す水平方向及び垂直方向の直線式を導出し、パラメータa、b、c、dを求め、これを新しい直線要素Ldの候補とする。

【0093】

$$\dots (9)$$

$$\dots (10)$$

側の直線要素Ldに対する(9)式のパラメータaRとの差異から、水平方向の平行度を調べ、設定値(例えば、5°程度)以上の場合には、左右いずれかの直線要素Ldは不正確であると判定する。同様に、パラメータcRとパラメータcLの差異から垂直方向の平行度を調べ、設定値(例えば、1°程度)以上の場合には、いずれかの直線要素は不正確であると判定する。

【0097】この判定の結果、水平方向及び垂直方向いずれの平行度も条件を満たす場合には、両方が新しい直線要素として採用されるが、左右いずれかの直線要素Ldが不正確と判定されると、左右の各々の直線要素Ldの候補と先に推定した道路形状の位置とを比較し、ずれ量が少ない方を新しい直線要素Ldとして採用し、他方は棄却して候補なしとする。

【0098】そして、平行度の判定により左右いずれかの直線要素Ldが候補なしとされた場合、あるいは、道路上の白線が破線状であったり、障害物に隠れて見えないためにデータが不足して左右いずれかの直線要素Ldが候補なしと判定された場合には、検出された側の直線要素Ldを車線の幅だけ並行移動して代用する。さらに、左右両方の直線要素Ldが候補なしの場合には、先に推定した道路形状の直線要素Ldを代用する。これにより、部分的に直線要素の検出失敗や誤検出が起こっても、全体としては安定した道路形状が得られるのである。

【0099】図20は、道路検出部130によって検出された道路形状を図式化した説明図あり、左右の白線に沿って直線要素が検出されている。前方の車線に隠れて見えない部分も、上述したように補完することによって良好に推定される。尚、左右の直線要素の間の横線は、各区間の境界である。

【0100】次に、前記物体認識部140における物体検出部141、3次元ウインドウ発生部142、及び、物体輪郭像抽出部143の各機能を詳細に説明する。

【0101】物体検出部141では、イメージプロセッサ20からの距離画像を格子状に所定の間隔（例えば、8～20画素間隔）で区分し、各領域毎に、走行の障害となる可能性のある立体物のデータのみを選別し、その検出距離を算出する。

【0102】図21は、車輻100から前方風景を撮像した明暗画像の上に、格子状の領域を設定した説明図であり、実際には、図11の距離画像を、このように区分する。本実施例では、12画素間隔で33個の小領域に*

$$H = Y - Y_r$$

高さHが0.1m程度以下の被写体は、道路上の白線や汚れ、影などであり、走行の障害になる物体ではないと考えられるため、この被写体のデータは棄却する。また、車輻100の高さより上にある被写体も、歩道橋や標識などと考えられるので棄却し、道路上の障害となる立体物のデータのみを選別する。これにより、2次元の画像上で物体が道路などと重なり合っている、道路表面からの高さによってデータを区別し、物体のみを検出できる。

【0105】次に、このようにして抽出された立体物のデータに対して、予め設定された距離Zの区間に含まれるデータの個数を数え、距離Zを横軸とするヒストグラムを作成する。図22は先行車輻500を検出物体とするヒストグラムである。

【0106】設定する距離Zの区間の長さや区間の個数は、距離Zの検出限界や精度および検出対象の物体の形状などを考慮して決定する必要がある、例えば高速道路の走行を対象にする場合には、区間長さは、10m前方では約1.5m、100m前方では約15m程度にすると良い。

【0107】前記ヒストグラムにおいては、入力される距離画像中の距離データには、誤って検出された値も存在するので、実際には物体の存在しない位置にも多少のデータが現れる。しかし、ある程度の大きさの物体があると、その位置の度数は大きな値を示し、一方、物体が何も存在しない場合には、誤った距離データのみによって発生する度数は小さな値となる。

【0108】従って、作成されたヒストグラムの度数が、予め設定した判定値以上かつ最大値をとる区間があれば、その区間に物体が存在すると判断し、度数の最大値が判定値以下の場合には、物体が存在しないと判断することにより、画像のデータに多少のノイズが含まれている場合においても、ノイズの影響を最小限にして物体を検出できる。

【0109】物体が存在すると判断されると、検出された区間と、その前後に隣接する区間に含まれている立体物のデータの距離Zの平均値を計算し、この値を物体ま

* 区分する。すなわち、画像を多数の領域に分割して物体を探すことにより、複数の物体を同時に検出することができるようにしている。

【0103】各領域における被写体は、画像上の座標(i, j)と距離データZから、前述の(3)、(4)式を使って実空間の3次元位置(X, Y, Z)が算出され、さらに、先に検出した道路形状の式(10)を使って、距離Zに於ける道路表面の高さY_rが計算される。被写体の道路表面からの高さHは、次の(11)式で計算することができる。

【0104】

$$\dots (11)$$

での距離と見なす。

【0110】このような物体までの距離検出の処理を全領域について行なった後、各領域の物体の検出距離を調べ、隣接する領域において物体までの検出距離の差異が設定値以下の場合には同一の物体と見なし、一方、設定値以上の場合には別々の物体と見なす。

【0111】具体的には、まず、左端の領域AR1を調べ、物体が検出されている場合には、それを物体S1、距離をZ1とする。次に右隣の領域AR2を調べ、物体が検出されていない場合には、物体S1は領域AR1の内部とその近辺に存在し、その距離はZ1と判定し、物体が検出され、その検出距離がZ2である場合には、距離Z1とZ2の差を調べる。

【0112】そして、距離Z1とZ2の差が設定値以上の場合、領域AR2で検出された物体は、先に検出された物体S1とは異なると判定し、新たに物体S2、距離Z2とし、さらに右隣の領域を調べて行く。

【0113】一方、距離Z1とZ2の差が設定値以下の場合には、領域AR2で検出された物体は、先に検出された物体S1であると判定し、その距離はZ1とZ2の平均値とし、さらに右隣の領域を順次調べて行き、連続して物体S1があると判定されれば、距離と存在領域を更新してゆく。

【0114】従来、2次元の画像上で物体の周囲に遠方の背景が写っている場合には物体のデータだけを抽出することは困難であったが、本装置では、以上のような処理を左端の領域AR1から右端の領域AR33まで行なって距離の値によってデータを区別することにより、複数の物体とその距離、存在領域を背景と区別して検出することができ、さらには、2次元の画像上で複数の物体が重なり合っている場合においても、各々の物体の距離の違いによって、それらを区別して検出できるのである。

【0115】尚、前記設定値は、自動車を検出する場合には4m～6m程度、歩行者を検出する場合には1m～2m程度にすると良いことが実験的に得られている。

【0116】図23は、以上の処理で検出した物体の存

在領域を枠線で示したものであり、この例では3個の物体が検出されている。尚、図の下側の数値は各物体の検出距離である。

【0117】3次元ウインドウ発生部142では、前記物体検出部141で検出された各々の物体について、図24に示すような3次元空間で、検出物体（先行車輛）500を包含する直方体状の3次元空間領域すなわち3次元ウインドウWD3Bを設定し、この設定した3次元ウインドウWD3Bが、2次元の画像上でどのように見えるかを計算し、ウインドウ輪郭線の内側を2次元ウインドウWD2Bとして、この中のデータのみを検出対象とする。

【0118】前記物体検出用の3次元ウインドウWD3Bの横幅は、物体の存在領域より左右に1領域分だけ拡張した範囲とする。これは、ある領域に物体の左右端の一部分のみが掛かっている場合には、その物体はヒストグラム上で大きな値とならず、別の物体が検出される可能性があるため、このような場合を考慮してウインドウの範囲を拡大しておくものである。

【0119】また、3次元ウインドウWD3Bの距離Z方向の長さは、その物体の検出距離におけるヒストグラムの区間長さを、その検出距離の前後に加えた範囲とする。3次元ウインドウWD3Bの下端は、道路表面の高さに約0.1mを加えた位置とし、上端は物体検出のために区分した各領域の上端とする。

【0120】尚、物体検出用の3次元ウインドウWD3Bから物体検出用の2次元ウインドウWD2Bを求める処理は、先に道路検出部130の3次元ウインドウ発生部132において説明した処理と同様である。

【0121】図25は、先に図23で示した3個の検出物体の内の1個について、2次元ウインドウWD2Bを設定した例を示したものである。

【0122】物体輪郭像抽出部143では、前記2次元ウインドウWD2B内の各データを順次サーベイし、3次元ウインドウWD3Bに含まれるデータのみを選別し、検出した物体の輪郭像を抽出する処理を行ない、検出物体の位置、速度、加速度など自車輛との位置関係量を検出して自車輛100に対する先行車を特定し、その車間距離及び相対速度を算出する。

【0123】すなわち、まず、物体毎に2次元ウインドウWD2B内の各データを順次サーベイし、距離データを持っている画素について、前述の(3)、(4)式を用いて3次元位置(X, Y, Z)を計算した後、距離や高さの値が3次元ウインドウWD3Bの範囲内にあるデータのみを抽出し、他は棄却する。

【0124】このようにして抽出したデータを、2次元の画像上に投影して表示すると図26のようになる。さらに、これらのデータの外形を線分で連結すると、図27に示すような物体の輪郭像が得られる。この輪郭像の左右端および上端の画像上での座標(i, j)を検出

し、続いて、その物体の検出距離Zと(3)、(4)式を用いて、3次元空間での物体の左右端と上端の位置を算出すると、左右端の位置から物体の横幅が求まり、上端の位置から物体の高さが求まる。図27においては、幅1.7m、高さ1.3mの物体と判別できる。

【0125】また、物体の左右端の中心位置(X, Z)を計算し、これの距離Zの時間的な変化から、自車輛100から見た物体の前後方向の相対速度が算出され、また、位置Xの左右方向の時間的な変化から左右方向の相対速度が算出される。さらに、車速センサ5から入力される自車の走行速度に物体の相対速度を加算すると、道路面に対する物体の走行速度が算出され、この走行速度の時間変化から各物体の加速度が算出される。

【0126】続いて、検出した各物体の位置と先に検出した道路の車線の位置を比較し、その物体が自車線上にあるのか、あるいは左右の車線上にあるのか、或いは道路外にあるのかを調べ、それぞれに分類する。例えば、前方を複数の車輛が走行し、さらに、道路がカーブしている場合には、その道筋に沿って各物体の位置を比較し、自車線上で最も手前に存在する物体を先行車と判断し、その物体までの距離を車間距離とする。

【0127】以上のようにして求められた各物体の位置、形状、速度、加速度、及び、これらのデータから特定される先行車との車間距離等のパラメータが、道路・立体物パラメータ記憶部150に記憶されると、これらのデータが前記車間距離制御用コンピュータ120に読み込まれ、車間距離制御が行なわれる。

【0128】前記車間距離制御用コンピュータ120の機能は、図28に示すように、目標車間距離設定部160、速度制御モード判断部165、速度制御部170、操作入力検出部175、警報判断部180に分けられ、前記目標車間距離設定部160、前記速度制御モード判断部165、前記速度制御部170、前記操作入力検出部175によって車間距離制御手段としての機能が実現され、前記警報判断部180によって警報出力手段としての機能が実現される。

【0129】前記目標車間距離設定部160では、まず、車速センサ5から自車輛100の走行速度Vを入力し、目標とする車間距離Dsを計算する。この目標車間距離Dsは、速度Vでの走行状態からブレーキを 작동させて停止するまでの制動距離、運転者や車輛の応答遅れ時間等を考慮して決定する。

【0130】次に、定速走行操作レバーをアクセル状態にした場合(リジューム/アクセルスイッチ1aをON状態にして保持)に発生するであろう加速度Aaと、コースト状態にした場合(セット/コーストスイッチ1bをON状態にして保持)に発生するであろう減速度Acとを計算する。

【0131】加速度Aaは、車輛の動力性能や前記定速走行制御ユニット2の制御方法等によって異なり、個々

の車輛に合わせて設定する必要があるが、一般的には、 $0.4 \text{ m/s}^2 \sim 0.7 \text{ m/s}^2$ 程度であり、速度 V に応じて概ね一定の値となる。従って、加速度 Aa (単位 m/s^2) を、速度 V (単位 m/s) に応じて例えば以下の (12) 式で近似し、同様に、減速度 Ac (単位 m/s^2)

$$Aa = 0.9 - 0.018 \times V \quad \dots (12)$$

$$Ac = -0.2 - 0.018 \times V \quad \dots (13)$$

次に、前記速度制御モード判断部 165 では、自車輛 100 が、加速 (アクセル)、減速 (コースト)、速度保持 (クルーズ)、タップアップ/タップダウン/速度保持、あるいは、目標速度追従等の速度制御モードにおいて、何れのモードで制御を行なうかを判断する。

【0133】尚、タップアップとは、前記定速走行スイッチ 1 のリジューム/アクセルスイッチ 1a を短時間 (例えば、 $0.1 \sim 0.5$ 秒程度) ON にする操作であり、この操作を行なうと、前記定速走行制御ユニット 2 の速度設定値が所定値 (例えば 0.5 m/s) 加算され、これに従って自車輛の速度 V も所定速度 (例えば 0.5 m/s 程度) 増速される。一方、タップダウンとは、前記タップアップの逆の操作であり、前記定速走行スイッチ 1 のセット/コーストスイッチ 1b を同様に短時間 (例えば、 $0.1 \sim 0.5$ 秒程度) ON にすると、前記定速走行制御ユニット 2 の速度設定値が所定値 (例えば 0.5 m/s) 減算され、自車輛の速度 V も所定速度 (例えば 0.5 m/s 程度) 減速される。

【0134】速度制御モードの判断は、概念的には、縦軸を先行車との車間距離 D_r 、横軸を相対速度 V_r とする領域 R_1, \dots, R_5 のいずれに先行車との車間距離及び相対速度が分類されるかによって行ない、図 29 においては、自車輛と先行車との相対速度が 0 の目標車間距離 D_s を中心とする矩形範囲が領域 R_4 として設定され、この領域 R_4 内に先行車との車間距離 D_r 、相対速度 V_r があるとき、タップアップ/タップダウン/速度保持による速度制御モードと判断される。

【0135】また、前記領域 R_4 の左下部分に設定される領域 R_1 に先行車が分類される場合、減速モードと判断され、前記領域 R_4 の右上部分に設定される領域 R_2 に先行車が分類される場合には、目標速度追従を行なうモードと判定される。前記領域 R_1 と前記領域 R_2 の間に設定される領域 R_3 では、目標速度追従において加速を禁止し、代わりに速度保持を行なうモードと判断される。さらに、先行車の検出限界距離 (例えば $80 \text{ m} \sim 160 \text{ m}$ 程度) 以上の領域 R_5 では、前記定速走行制御ユニット 2 による通常の定速走行制御を行なうモードと判断される。

【0136】尚、後述するように、領域 $R_1 \sim R_3$ の境界は、実際には図 29 に示すような 2 次元的な領域として設定されるのではなく、最小車間距離 D_{min} と最大車間距離 D_{max} とによって決定される。最小車間距離 D_{min} とは、先行車の相対速度が負 (先行車が接近して

m/s^2) も車輛の諸特性によって異なるため、速度 V に応じて例えば以下の (13) 式で近似することで、十分な精度を確保することができる。

【0132】

$$\dots (12)$$

$$\dots (13)$$

る状態) の状態において、前記定速走行制御ユニット 2 をコースト状態にして減速した場合に、先行車と最も接近する時の車間距離であり、最大車間距離 D_{max} とは、相対速度が正の状態 (先行車が遠ざかって行く状態) において、前記定速走行制御ユニット 2 をアクセル状態にして加速して先行車を追いかけ、一方、先行車は一定の速度を保持すると仮定した場合に、先行車と最も離れる時の車間距離である。

【0137】前記領域 R_4 は、さらに、図 30 に示すように、車間距離の設定値 $D_{s1} \sim D_{s4}$ 、相対速度の設定値 $V_{rs1} \sim V_{rs4}$ によって、タップアップ、タップダウン、速度保持を行なうための 9 個の区分 $S_1 \sim S_9$ に細分され、検出された先行車の状態、すなわち車間距離 D_r と相対速度 V_r とが、これらの 9 個の区分 $S_1 \sim S_9$ の何れに分類されるかが判断される。

【0138】これらの区分位置は、前記ステレオ光学系 10 及び画像処理ユニット 13 での車間距離 D_r 及び相対速度 V_r の計測誤差等を考慮して決定され、目標とする状態、すなわち、目標車間距離 D_s 且つ相対速度 0 m/s (点 Q) に許容誤差を加えた範囲を区分 S_5 として、その周辺に区分 $S_1, S_2, S_3, S_4, S_6, S_7, S_8, S_9$ を配することにより、先行車の状態が最終的に区分 S_5 に入ること为目标とし、例えば、 $D_{s1} = D_s + 5 \text{ m}$ 、 $D_{s2} = D_s + 3 \text{ m}$ 、 $D_{s3} = D_s - 3 \text{ m}$ 、 $D_{s4} = D_s - 5 \text{ m}$ 、 $V_{rs1} = 1.0 \text{ m/s}$ 、 $V_{rs2} = 0.5 \text{ m/s}$ 、 $V_{rs3} = -0.5 \text{ m/s}$ 、 $V_{rs4} = -1.0 \text{ m/s}$ に決定される。

【0139】前記速度制御部 170 では、前記速度制御モード判断部 165 によって判断された速度制御モードで自車輛 100 の速度を制御すべく、車間距離制御ユニット 14 内のリレー 17、18 の ON、OFF を制御する。

【0140】すなわち、先行車が遠くにあり、検出限界を越えて前記画像認識処理用コンピュータ 110 から先行車無しと出力されて領域 R_5 に分類される場合には、前記リレー 17、18 を共に OFF に保持し、前記定速走行制御ユニット 2 による通常の定速走行制御とし、先行車が領域 R_1 に分類される場合、前記リレー 18 を ON に保持してセット/コーストスイッチ 1b と同じ信号を前記定速走行制御ユニット 2 に送り、コースト状態にして減速を行なう。

【0141】また、先行車が領域 R_2 に分類される場合には、目標速度追従を行なう。すなわち、自車輛 100

の速度 V と目標速度 V_s とを比較し、速度 V が低い場合には前記リレー 17 を ON にしてリジューム／アクセルスイッチ 1 a と同じ信号を前記定速走行制御ユニット 2 に送ることにより加速を行ない、 $V \approx V_s$ 場合には前記リレー 17、18 を共に OFF にしたまま速度を保持し、速度 V が高い場合には、前述したように、前記リレー 18 を ON して減速を行なう。

【0142】また、先行車が領域 R3 に分類される場合には、前記目標速度追従における加速を禁止し、代わりに速度保持を行なうことにより、減速域である領域 R1 と加速域である領域 R2 との間の急な切り換えを回避し、運転者に違和感を与えないようにする。

【0143】さらに、先行車が領域 R4 に分類される場合には、前記リレー 17 を短時間 ON させて前記リジューム／アクセルスイッチ 1 a を短時間 ON させた場合と同じ信号を前記定速走行制御ユニット 2 に送ることによるタップアップ、前記リレー 18 を短時間 ON させて前記セット／コーストスイッチ 1 b を短時間 ON させた場合と同じ信号を前記定速走行制御ユニット 2 に送ることによるタップダウン、あるいは、前記リレー 17、18 を共に OFF 状態に保持することによる速度保持を、図 31 に示すように領域 R4 内の区分 S1～S9 に応じて所定回行なって自車両 100 の速度 V を制御し、先行車の状態を幾つかの区分を経由して区分 S5 へ追い込み、目標車間距離 D_s の許容誤差内に収束させる。

【0144】例えば、遠方に遅い先行車が一定速度で走行している状況を想定して、各領域毎の速度制御について説明すると、この先行車は、車間距離 D_r が大、相対速度 V_r が負であり、図 32 において点 A1 で示される。この時点では、先行車は検出されないため、領域 R5 に分類され、自車両 100 では、定速走行制御ユニット 2 による通常の定速走行制御が実行される。

【0145】やがて、先行車が接近して来て検出限界以内に入ると、画像認識処理用コンピュータ 110 によって車間距離 D_r 、相対速度 V_r が算出され、先行車は点 B1 に位置し、領域 R1 に分類されるようになる。この領域 R1 内では、車間距離制御ユニット 14 内のリレー 18 を ON に保持して定速走行制御ユニット 2 をコースト状態にし、減速を行なう。

【0146】すると、先行車の状態は、点 B1 から破線のような軌跡を通して、点 C1 に至る。ここで、前記定速走行制御ユニット 2 による減速では、減速度は $-0.4 \text{ m/s}^2 \sim -0.7 \text{ m/s}^2$ 程度と低いため、車間距離 D_r が目標車間距離 D_s を越えて接近してしまう。従って、減速状態を点 D1 に至るまで続け、点 D1 で領域 R3 に入ると、前記リレー 18 を OFF にすることで減速を止め、速度を保持する。

【0147】その結果、相対速度 V_r はそのまま、車間距離 D_r のみが増加することになり、先行車が点 E に至って領域 R2 に入ると、今度は前記車間距離制御ユニ

ット 14 内のリレー 17 を ON にして前記定速走行制御ユニット 2 をアクセル状態にし、加速を行なう。これにより、相対速度 V_r が減少し、車間距離 D_r も目標値 D_s に近づいて行き、点 F1 で領域 R4 に入る。

【0148】また、別の例として先行車が点 A2 の状態にある場合を想定する。この場合は相対速度 V_r が小さく、先行車がゆっくりと接近して来る状況であるが、先行車が点 B2 の位置に至り、車間距離 D_r 、相対速度 V_r が計測されると、先行車は領域 R3 に分類される。領域 R3 では、自車両 100 の速度 V が目標速度 V_s に達している場合、そのまま速度保持される。

【0149】やがて、先行車がそのまま接近を続け、点 C2 に至って領域 R1 に入った時点で前記リレー 18 を ON にして減速を行なうと、破線のような放物線状の軌跡を通して点 D2 に至り、領域 R4 に入る。そして、この領域 4 内での区分に応じてタップアップ、タップダウン、速度保持を所定回行なうことにより、先行車との車間距離を目標値に収束させる。

【0150】このように、本発明では、高速道路等を定速走行制御ユニット 2 により定速走行する場合、前方に遅い車輛がいても自動的に減速され、車間距離を安全に保つことができ、しかも、車間距離制御が前述したような簡素なロジックによって行なわれ、先行車の広範囲な状態に対して合理的且つ滑らかに車間距離を調節することができる。また、その際、車輛の加速や減速が既存の定速走行制御ユニット 2 によって行なわれるため、加速度や減速度が比較的小さく、運転者への違和感を少なくすることができる。

【0151】さらに、本発明では、既存の定速走行制御ユニット 2 に、切換スイッチ 15 を介して車間距離制御ユニット 14 を接続し、この車間距離制御ユニット 14 により、ステレオ光学系 10 及び画像処理ユニット 13 で検出した先行車の車間距離及び相対速度に基づいて運転者からの操作信号に対応する信号を作成して定速走行制御ユニット 2 に出力するため、既存の車輛への適用が容易であり、コストを最小限に抑えて高い信頼性を確保することができるのである。

【0152】一方、前記操作入力検出部 175 では、定速走行スイッチ 1 の状態を監視し、切換スイッチ 15 を ON にして前記車間距離制御ユニット 14 が前記定速走行制御ユニット 2 に対して作動状態であっても、運転者が定速走行操作レバーを使って従来通りの操作が可能ようにする。

【0153】すなわち、車間距離制御ユニット 14 と運転者が同時に同じ操作を行った場合、例えば、図 2 において、運転者が定速走行操作レバーを使ってリジューム／アクセルスイッチ 1 a を ON にし、同時に車間距離制御ユニット 14 側もアクセル状態にして加速するためにリレー 17 を ON にした場合には、定速走行制御ユニット 2 側の車速制御は単に加速操作を行なうのみで何ら間

題はないが、車間距離制御ユニット14と運転者が同時に異なる操作を行った場合、例えば運転者では加速しようとしてリジューム／アクセルスイッチ1aをONにし、一方、車間距離制御ユニット14側は減速しようとしてリレー18をONにした場合には、定速走行制御ユニット2の制御上、不具合が生じ、ひいては故障の原因となる。

【0154】従って、前記操作入力検出部175では、図2における信号線8d、8eを介して定速走行スイッチ1の状態を監視する。例えば、運転者がリジューム／アクセルスイッチ1aをONにすると、信号線7c及び分岐線8cにはバッテリー6の電圧が加わり、さらに、信号線8eを介して車間距離制御用コンピュータ120に伝達されるため、信号線8d、8eの電圧を監視することによって、運転者の定速走行操作レバーの操作状態を検知することができ、信号線8dあるいは信号線8eの電圧がONレベルである場合、すなわち、運転者が何らかの操作をしている場合には、前記速度制御部170におけるリレー17、18の操作を禁止する。

【0155】また、既に前記速度制御部170でリレー17をONに操作している場合には、信号線8dの電圧を監視し、この電圧がONレベルの場合、すなわち、運転者がセット／コーストスイッチ1bを操作した場合には、直ちにリレー17をOFFさせ、運転者の操作を優先させる。また、前記速度制御部170でリレー18をONに操作している場合には、信号線8eの電圧を監視し、この電圧がONレベルの場合には、直ちにリレー18をOFFにさせる。

【0156】これにより、車間距離制御ユニット14が作動中であっても運転者は通常の定速走行と同様の操作が可能であり、且つ、運転者の操作を優先させることができるため、運転者に特殊な知識や習熟を強要することがなく容易に使用することができる。

【0157】また、前記警報判断部180では、前記画像認識処理用コンピュータ110で検出された先行車の位置、前後方向及び左右方向の走行速度と加速度から先行車の数秒後の位置を推定し、同時に、自車両100は検出した道路の車線あるいは現在の操舵角に従って走行すると仮定して自車両100の数秒後の位置を推定することにより、先行車と自車両のそれぞれの位置を比較し、車間距離の異常接近や衝突の可能性を判断する。そして、車間距離の異常接近や衝突の可能性がある場合には、前記ディスプレイ16に前述したような警報表示を行なう。

【0158】図33に示すように、例えば検出した先行車との車間距離及び相対速度が点A3の位置に相当する状況を想定すると、この状態から自車両100をコースト状態にして減速を行くと、先行車の状態は図中の破線上を推移し、やがて点B3に至り、先行車との衝突が生じる。そこで、衝突に至るような危険な状況を事前に検

出し、警報を発して運転者にブレーキの作動や回避を促す。

【0159】危険を事前に検出するには、最小車間距離Dminの値で判断する。例えば、図33に示す例では、最小車間距離Dminが目標車間距離Dsの1/3より小さい場合には、やがて衝突に至る危険があると判断し、衝突警報を発する。また、最小車間距離Dminが目標車間距離Dsの1/3～2/3に入る場合には、車間距離の接近警報を発する。この場合、それぞれの警報を出力する領域は、図33の衝突警報領域及び接近警報領域となる。

【0160】これにより、例えば点A3のように先行車が遠方にいる時点から警報を発し、運転者の運転操作に十分な時間的余裕を与えることができ、より安全性を高めることができるのである。

【0161】次に、本実施例の動作について説明する。

【0162】図34は、イメージプロセッサ20の動作の流れを示すフローチャートであり、まず、ステップS101で左右のCCDカメラ11a、11bによって撮像した画像を入力すると、ステップS102で、入力したアナログ画像をA/Dコンバータ31a、31bで所定の輝度階調を有するデジタル画像にA/D変換した後、LUT32a、32bで、低輝度部分のコントラスト増強、左右のCCDカメラ11a、11bの特性補償等を行ない、画像メモリ33a、33bに記憶する。

【0163】これらの画像メモリ33a、33bに記憶される画像は、CCDカメラ11a、11bのCCD素子の全ラインのうち、その後の処理に必要なラインのみであり、例えば0.1秒に1回の割合（テレビ画像で3枚に1枚の割合）で書き換えられる。

【0164】次に、ステップS103へ進むと、左右画像用の画像メモリ33a、33bから入力バッファメモリ41a、41b、42a、42bへ、共通バス80を介して、例えば4ラインずつ左右画像データが読み込まれ、読み込んだ左右画像のマッチング、すなわち一致度の評価が行なわれる。

【0165】その際、左右の画像毎に、前記画像メモリ33a、33bから前記入力バッファメモリ41a、41b、42a、42bへの読み込み動作と、シフトレジスタ43a、43b、44a、44bに対する書き込み動作とが交互に行なわれる。例えば、左画像では、画像メモリ33aから一方の入力バッファメモリ41aに画像データが読み込まれている間に、他方の入力バッファメモリ41bからシフトレジスタ43bへ読み込んだ画像データの書き出しが行なわれ、右画像では、画像メモリ33bから一方の入力バッファメモリ42aに画像データが読み込まれている間に、他方の入力バッファメモリ42bからシフトレジスタ44bへ読み込んだ画像データの書き出しが行なわれる。

【0166】図35に示すように、前記シフトレジスタ

43a, 43b, 44a, 44bには、左右の4×4画素の小領域の画像データ(1, 1) … (4, 4)が保存され、一方のシフトレジスタ43a(44a)には1、2ラインのデータが、もう一方のシフトレジスタ43b(44b)には3、4ラインのデータが、それぞれ1画素毎に奇数ライン、偶数ラインの順序で入る。前記各シフトレジスタ43a, 43b, 44a, 44bは、それぞれが独立した転送ラインを持ち、4×4画素のデータは例えば8クロックで転送される。

【0167】そして、これらのシフトレジスタ43a, 43b, 44a, 44bから8段のうちの偶数段の内容が同時にシティブロック距離計算回路45に出力され、シティブロック距離Hの計算が始まると、右画像のデータはシフトレジスタ44a, 44b内に保持されて、クロック毎に奇数ライン、偶数ラインのデータが交互に出力され、一方、左画像のデータはシフトレジスタ43a, 43bに転送され続け、奇数ライン、偶数ラインのデータが交互に出力されつつ、2クロック毎に1画素分右のほうにずれたデータに置き換わっていく。この動作を、例えば100画素分ずれるまで(200クロック) 20 繰り返す。

【0168】その後、一つの小領域に対する転送が終了すると、#2アドレスコントローラ87内の左画像用アドレスカウンタに右画像用アドレスカウンタの内容(次の4×4画素の小領域の先頭アドレス)がセットされ、次の小領域の処理が始まる。

【0169】シティブロック距離計算回路45では、図36のタイミングチャートに示すように、まず、ピラミッド型構造初段の絶対値演算器に8画素分のデータを入力し、左右画像の輝度差の絶対値を計算する。すなわ 30 ち、右画素の輝度から対応する左画素の輝度を引き算し、結果が負になった場合、演算命令を変えることにより、引く方と引かれる方を逆にして再び引き算を行なうことにより、絶対値の計算を行なう。従って、初段では引き算を2回行なう場合がある。

【0170】次いで、初段を通過すると、2段目から4段目までの第1ないし第3加算器で二つの同時入力データを加算して出力する。そして、最終段の総和加算器で二つの連続するデータを加え合わせて総和を計算し、必要とする16画素分のシティブロック距離Hを2クロック毎に最小・最大値検出部50へ出力する。 40

【0171】次に、ステップS104へ進み、前記ステップS103で算出したシティブロック距離Hの最大値HMAX、最小値HMINを検出する。前述したように、この最大値HMAXの検出と最小値HMINの検出とは、互いに論理が逆になることと、ずれ量を保存しないこと以外は、全く同じであるため、以下、代表して最小値HMINの検出について説明する。

【0172】まず、最初に出力されてきたシティブロック距離H(ずれ量x=0)が、図9に示す最小値検出回 50

路51のCラッチ53を介して、演算器46のBレジスタ46bに入力される。次のクロックで出力されてきたシティブロック距離H(ずれ量 $\delta=1$)は、Cラッチ53と演算器46のAレジスタ46aとに入れられ、演算器46では、同時に、Bレジスタ46bとの比較演算が始まる。

【0173】前記演算器46での比較演算の結果、Bレジスタ46bの内容よりもAレジスタ46aの内容の方が小さければ、次のクロックのときに、Cラッチ53の内容(すなわちAレジスタ46aの内容)がBレジスタ46bに送られ、このときのずれ量 δ がDラッチ55に保存される。このクロックで同時に、次のシティブロック距離H(ずれ量 $\delta=2$)がAレジスタ46aとCラッチ53に入れられ、再び比較演算が始まる。

【0174】このようにして、計算途中での最小値が常にBレジスタ46bに、そのときのずれ量 δ がDラッチ55に保存されながら、ずれ量 δ が100になるまで計算が続けられる。計算が終了すると(最後のシティブロック距離Hが出力されてから1クロック後)、Bレジスタ46bとDラッチ55の内容はずれ量決定部60に読み込まれる。

【0175】この間に、前述したシティブロック距離計算回路45では次の小領域の初期値が読み込まれ、時間の無駄を生じないようにしており、一つのシティブロック距離Hを計算するのに、例えば4クロックかかるが、パイプライン構造をとっているため、2クロック毎に新たな計算結果が得られる。

【0176】そして、前記ステップ104でシティブロック距離Hの最小値HMIN、最大値HMAXが確定すると、ステップS105では、ずれ量決定部60にて、前述した3つの条件がチェックされ、ずれ量xが決定される。

【0177】すなわち、図37のタイミングチャートに示すように、Bバス62bを介して最小値HMINが演算器61のBレジスタ72にラッチされるとともに、このBレジスタ72の値と比較されるしきい値HAがAバス62aを介してAレジスタ71にラッチされる。そしてALU70で両者が比較され、しきい値HAよりも最小値HMINの方が大きければ、スイッチ回路65がリセットされ、以後のチェックの如何に係わらず常に0が出力されるようになる。

【0178】次に、Aレジスタ71に最大値HMAXがラッチされ、このAレジスタ71にラッチされた最大値HMAXとBレジスタ72に保存されている最小値HMINとの差が計算されて、その結果がFレジスタ73に出力される。次のクロックでAレジスタ71にしきい値HBがラッチされ、Fレジスタ73の値と比較される。Aレジスタ71にラッチされたしきい値HBよりもFレジスタ73の内容の方が小さければ同様にスイッチ回路65がリセットされる。

【0179】次のクロックからは、隣接画素間の輝度差

の計算が始まる。輝度データが保存されている2組のシフトレジスタ64a、64bは10段構成であり、それぞれ、シティブロック距離計算部40の1、2ライン用のシフトレジスタ44aと、3、4ライン用のシフトレジスタ44bの後段に接続されている。前記シフトレジスタ64a、64bの出力は最後の段とその2つ手前の段から取り出され、それぞれが、Aバス62aとBバス62bとに出力される。

【0180】輝度差の計算が始まるとき、前記シフトレジスタ64a、64bの各段には小領域中の各場所の輝度データが保持されており、初めに前回の小領域の第4行第1列の輝度データと、今回の小領域の第1行第1列の輝度データとが、演算器61のAレジスタ71とBレジスタ72とにラッチされる。

【0181】そして、Aレジスタ71の内容とBレジスタ72の内容の差の絶対値が計算され、結果がFレジスタ73に保存される。次のクロックでAレジスタ71にしきい値Hcがラッチされ、Fレジスタ73の値と比較される。

【0182】前記演算器61での比較結果、Aレジスタの内容(しきい値Hc)よりもFレジスタ73の内容(輝度差の絶対値)のほうが大きければ、前記スイッチ回路65からずれ量xあるいは"0"が出力され、Aレジスタの内容よりもFレジスタ73の内容のほうが小さければ"0"が出力されて、出力バッファメモリ66a、66bの該当する小領域の第1行第1列に当たる位置に書き込まれる。

【0183】前記演算器61で隣接画素間の輝度差としきい値Hcとの比較が行なわれている間に、シフトレジスタ64a、64bは1段シフトする。そして今度は、前回の小領域の第4行第2列と、今回の小領域の第1行第2列の輝度データに対して計算を始める。このようにして小領域の第1列、第2列に対し交互に計算を行なった後、第3列、第4列に対して同様に計算を進める。

【0184】計算中は、シフトレジスタ64a、64bの最終段と最初の段がつながってリングレジスタになっており、小領域全体を計算した後にシフトクロックが2回追加されるとレジスタの内容が計算前の状態に戻り、次の小領域の輝度データが転送され終わったときに、最終段とその前の段に今回の小領域の第4行のデータが留められる。

【0185】このように、ずれ量決定のための計算中に次のデータをAバス62a、Bバス62bに用意したり、結果の書き込みを行なうため、計算に必要な2クロックのみで一つのデータが処理される。この結果、初めに行なう最小値HMIN、最大値HMAXのチェックを含めても、例えば43クロックで全ての計算が終了し、一つの小領域に対して、シティブロック距離Hの最小値HMIN、最大値HMAXを求めるのに要する時間は十分に余裕があり、さらに機能を追加することも可能となっている。

【0186】そして、ずれ量xが決定されると、ステップS106で、出力バッファメモリ66a、66bからデュアルポートメモリ90へ、ずれ量xを距離分布情報として出力し、イメージプロセッサ20における処理が終了する。

【0187】この出力バッファメモリ66a、66bは、前述した入力バッファメモリ41a、41b、42a、42bと同様、例えば4ライン分の容量があり、2組の一方に書き込んでいる間にもう一方から前記デュアルポートメモリ90へ距離分布情報を送り出す。

【0188】前記デュアルポートメモリ90へ書き込まれた距離分布情報からは、CCDカメラ11、12の取付け位置と焦点距離等のレンズパラメータとから、各画素に対応する物体のXYZ空間における3次元位置を算出することができ、情報量の低下なく車外の対象物までの距離を正確に検出することができる。

【0189】ここで、イメージプロセッサ20の全体のタイミングについて、図38に示すタイミングチャートに従って説明する。

【0190】まず初めに、同期を取っている左右のCCDカメラ11a、11bからのフィールド信号を0.1秒毎(3画面に1画面の割合)に、画像メモリ33a、33bに書き込む。

【0191】次に、取り込み終了信号を受けて、4ライン毎のブロック転送が始まる。この転送は、右画像、左画像、結果の距離分布像の順に3ブロック転送する。

【0192】この間に、一方の入出力バッファメモリに対してずれ量δの計算が行われる。そして、ずれ量δの計算時間を考慮し、所定時間待機してからもう一方の入出力バッファメモリに対して転送を始める。

【0193】一つの右画像の4×4画素の小領域に対するシティブロック距離Hの計算は、左画像について100画素ずらしながら計算するため、100回行われる。一つの領域のシティブロック距離Hが計算されている間に、その前の領域のずれ量δが各チェックを経て距離分布として出力される。

【0194】処理すべきライン数を200とすると4ライン分の処理を50回繰り返すことになり、計算の開始時に最初のデータを転送するための4ライン分の処理時間、計算終了後に最後の結果を画像認識部に転送するための4ライン分の処理時間と、計8ライン分の処理時間がさらに必要となる。

【0195】最初の入力画像ラインの転送を開始してから最後の距離分布を転送し終わるまでの時間は、実際の回路動作の結果、0.076秒である。

【0196】一方、図39及び図40のフローチャートは、マイクロプロセッサ110aで実行される道路検出処理であり、まず、ステップS201で、前回(Δt sec前)の道路形状パラメータを読み込むと、次いで、ステップS202へ進み、車速センサ5の出力信号V、舵角セン

サ9の出力信号 η を読み込む。

【0197】次に、ステップS203へ進むと、前記ステップS202で読み込んだ車速センサ5の出力信号と舵角センサ9の出力信号 η を使って Δt 秒間の車両100の位置を算出し、ステップS204で、 Δt 秒後の車両100の位置から見た道路形状を推定して道路形状パラメータを修正する。

【0198】以上の道路形状推定処理が終わると、3次元ウインドウ発生処理へ移行し、ステップS205で、道路モデルの第1区間R1の左側の直線要素Ldのパラメータ(a, b, c, d)を読み込むと、ステップS206で、この直線要素Ldを中心とする3次元ウインドウWD3Aを設定する。

【0199】その後、ステップS207へ進み、前記ステップS206で設定した3次元ウインドウWD3Aから2次元画像上での2次元ウインドウWD2Aを設定し、次のステップS208以降へ進む。

【0200】ステップS208～ステップS217は、直線要素検出処理であり、ステップS208で、2次元ウインドウWD2A内のデータを読み込むと、ステップS209で、各データの3次元位置を計算し、ステップS210で、距離Zの値が3次元ウインドウWD3Aの長さの範囲内にあるデータを選別する。

【0201】そして、ステップS211へ進み、先に推定した道路形状の直線要素Ldと被写体の3次元位置を比較してX方向、Y方向の位置のずれ量 ΔX 、 ΔY を計算し、ステップS212で、これらのずれ量 ΔX 、 ΔY が、3次元ウインドウWD3Aの幅、高さの範囲内にあるデータのみを選別し、他は除外する。

【0202】その後、ステップS213へ進み、前記ステップS212で計算したX方向、Y方向のずれ量 ΔX 、 ΔY に応じて、そのデータの重み係数を決定し、各データに、ずれ量 ΔX 、 ΔY に応じた重み係数を付加する。

【0203】次に、ステップS214へ進むと、最小自乗法を用いて水平方向(XZ平面)および垂直方向(YZ平面)の直線式を導出し、パラメータ(a, b, c, d)を求め、これを新しい直線要素Ldの候補とする。

【0204】そして、ステップS215で、道路モデルの右側のラインの直線要素Ldの候補が求められたか否かを調べ、その結果がNOの場合には、ステップS216で、右側の直線要素Ldのパラメータを読み込んで前述のステップS206へ戻り、結果がYESの場合には、ステップS217へ進む。

【0205】ステップS217では、求めた直線要素Ldの候補が最終区間の右側のものであるか否かを調べ、最終区間でない場合には、ステップS218で、次の区間の左側の直線要素Ldのパラメータを読み込んで、前述のステップS206へ戻り、同様の処理を繰り返す。

【0206】一方、前記ステップS217で、求めた直線要素Ldの候補が最終区間の右側のものであり、道路モデ

ルを構成する全ての直線要素Ldの候補を求め終えた場合には、前記ステップS217からステップS219以降へ進み、道路形状判定処理を実行する。

【0207】すなわち、ステップS219で、第1区間R1の直線要素Ldのパラメータを読み込むと、ステップS220で、左右の直線要素Ldの水平方向の平行度を調べて、その妥当性を判定し、ステップS221で、左右の直線要素Ldの垂直方向の平行度を調べ、その妥当性を判定する。

10 【0208】その後、ステップS222へ進み、前記ステップS220、S221における判定の結果、左右いずれかの直線要素が妥当でないと判定された場合、あるいは、道路上の白線が破線状であったり、障害物に隠れて見えないためにデータが不足して、左右いずれかの直線要素の候補がない場合に対し、検出された側の直線要素を車線の幅だけ並行移動して代用することにより、欠落する直線要素を補完し、ステップS223へ進む。

【0209】尚、左右両方の直線要素が無しの場合には、先に推定した道路形状の直線要素を代用する。

20 【0210】ステップS223では、最終区間か否かを調べ、最終区間でない場合には、ステップS224で、次の区間の左右の直線要素Ldのパラメータを読み込んで前述のステップS220へ戻り、最終区間の場合には、ステップS223からステップS225へ進んで、各直線要素Ldのパラメータを出力用メモリに115へ書き込んで処理を終了する。

【0211】次に、マイクロプロセッサ110bによる物体認識処理について図41及び図42のフローチャートに従って説明する。この物体認識処理では、ステップS301で道路形状パラメータを読み込むと、ステップS302で、イメージプロセッサ20からの距離画像を格子状の領域に区分し、ステップS303で、最初の領域のデータを読み込む。

【0212】次に、ステップS304へ進んで、領域内の最初のデータをセットすると、ステップS305で、被写体の3次元位置(X, Y, Z)、すなわち距離と高さを算出し、ステップS306で、距離Zに於ける道路表面の高さを算出し、ステップS307で、道路面より上にあるデータを選別する。

40 【0213】そして、ステップS308へ進んで最終データか否かを調べ、最終データでない場合、ステップS309で領域内の次のデータをセットすると、前述のステップS305へ戻って処理を繰り返し、最終データの場合にはステップS308からステップS310へ進む。

【0214】ステップS310～ステップS315は、物体検出処理であり、ステップS310で、ヒストグラムを作成すると、ステップS311で、このヒストグラムの度数が判定値以上で、かつ最大値となる区間を検出し、ヒストグラムの度数が判定値以上で、かつ最大値となる区間が検出された場合、ステップS312で、その区間に物体が存在する

と判断し、その物体までの距離を検出する。

【0215】そして、ステップS313で、最終領域か否かを調べ、最終領域でない場合には、ステップS314で、次の領域のデータを読み込み、前述のステップS304へ戻って同様の処理を続行し、最終領域である場合には、ステップS315へ進み、各物体の距離と存在領域の検出を終了し、ステップS316～S318の3次元ウインドウ発生処理へ進む。

【0216】ステップS316では、最初の物体のパラメータをセットし、次いで、ステップS317で、3次元ウインドウWD3Bの下端の高さ及び距離範囲を設定し、ステップS318で、この3次元ウインドウWD3Bに基づいて2次元ウインドウWD2B形状を算出してステップS319へ進む。

【0217】ステップS319以下は、物体輪郭抽出処理であり、まず、ステップS319で、2次元ウインドウWD2B内のデータを読み出すと、ステップS320で、被写体の3次元位置を算出し、ステップS321で、3次元ウインドウWD3B内に含まれるデータを選別して抽出する。

【0218】その後、ステップS322へ進み、前記ステップS321で抽出したデータを2次元の画像上に投影すると、ステップS323で、各データを線分で連結して輪郭像を作成する。続いて、ステップS324で、物体の形状、寸法、位置、速度を算出し、ステップS325で、道路の車線と物体との位置関係を算出する。

【0219】そして、ステップS326で、最終物体か否かを調べ、最終物体でない場合には、ステップS327で次の物体のパラメータをセットして前述のステップS317へ戻り、最終物体である場合には、ステップS328へ進んで、先行車を含む各物体の位置、形状、速度、加速度、これらのデータから特定される先行車との車間距離及び相対速度等のパラメータを出力用メモリ115に書き込み、処理を終了する。

【0220】以上の処理により、前方に存在する先行車が検出され、自車両100との車間距離及び相対速度が算出されると、車間距離制御用コンピュータ120で図43の速度制御処理のプログラムが実行され、また、図44の操作入力対応処理のプログラム、図45の警報出*

$$A_c = -0.2 - 0.018 \times V_0 \quad \dots (14)$$

$$D_{min} = D_{r0} + (1/2) \times V_{r0}^2 / A_c \quad \dots (15)$$

次に、ステップS408へ進み、前記ステップS407で計算した最小車間距離 D_{min} が車間距離の設定値 D_{s2} 未満か否かを調べる。 $D_{min} < D_{s2}$ の場合には、ステップS413で先行車の状態は領域R1と分類し、車間距離制御ユニット14内のリレー18をONに保持して定速走行制御ユニット2をコースト状態にし、減速を行なう。 $D_{min} \geq D_{s2}$ の場合には、前記ステップS408からステップS409へ進み、相対速度 V_{r0} が設定値 V_{rs4} (-1.0 m/s程度)より大きいかな否かを調べる。

【0227】そして、 $V_{r0} > V_{rs4}$ の場合には、相対速

* 力処理のプログラムが例えば所定時間周期毎に割込み実行される。

【0221】この速度制御処理では、まず、ステップS401で、自車両100と先行車の状態、すなわち、画像認識処理用コンピュータ110の出力用メモリ115に記憶されている先行車との車間距離 D_{r0} 及び相対速度 V_{r0} の検出値、車速センサ5からの自車両100の速度 V_0 の検出値等を入力する。

【0222】次いで、ステップS403へ進み、入力したデータから先行車が検出されているかな否かを調べ、前方に先行車が無い場合あるいは先行車が検出限界距離より遠方にある場合には、ステップS403で、先行車の状態を領域R5と判断して車間距離制御ユニット14内のリレー17、18を共にOFF状態とし、定速走行制御ユニット2による通常の定速走行制御とする。

【0223】一方、前記ステップS402で、先行車が検出されている場合には、前記ステップS402からステップS404へ進み、車間距離 D_{r0} 及び相対速度 V_{r0} が設定範囲内(領域R4の説明で前述した設定範囲、 $D_{s4} < D_{r0} < D_{s1}$ 、且つ、 $V_{rs4} < V_{r0} < V_{rs1}$; 図30参照)であるかな否かを調べ、設定範囲内のとき、ステップS405で、先行車の状態を領域R4として区分S1～S9に応じてタップアップ/タップダウン/速度保持の速度制御を行ない、設定範囲外のとき、ステップS406へ進む。

【0224】ステップS406では、先行車の相対速度 V_{r0} が正であるか負であるかを調べ、 $V_{r0} < 0.0$ の場合、すなわち、先行車が接近してくる場合には、ステップS407へ進み、 $V_{r0} \geq 0.0$ の場合、すなわち、先行車が遠ざかって行く場合には、ステップS410へ進む。

【0225】まず、先行車が接近してくる場合のステップS407以降について説明すると、ステップS407では、定速走行制御ユニット2をコースト状態にした場合の減速度 A_c と最小車間距離 D_{min} を計算する。コースト状態での減速度 A_c は自車両100の速度 V_0 を前述の(13)式に代入した以下の(14)式で計算され、最小車間距離 D_{min} は、以下の(15)式で計算される。

【0226】

度が0.0に近いので、先行車との車間距離が、なかなか目標車間距離 D_s に近づかない状況であり、この場合にはステップS414で領域R2へ分類し、車間距離制御ユニット14内のリレー17をONにして定速走行制御ユニット2をアクセル状態にし、加速を行なって車間距離を速やかに詰めるようにする。

【0228】一方、 $V_{r0} \leq V_{rs4}$ の場合には、先行車は徐々に接近してくる状況であるため、前記ステップS409からステップS415へ進んで領域R3へ分類し、車間距離が詰まるまで自車両100の速度保持を行う。

【0229】次に、前記ステップS406で、相対速度が正 ($V_{r0} \geq 0.0$) であり、先行車が遠ざかって行く場合について説明する。この場合は、ステップS410で、定速走行制御ユニット2をアクセル状態にした場合の加速度 A_a と最大車間距離 D_{max} を計算する。

$$A_a = 0.9 - 0.018 \times V_0$$

$$D_{max} = D_{r0} + (1/2) \times V_{r0}^2 / A_a$$

次に、ステップS411へ進み、最大車間距離 D_{max} が車間距離の設定値 D_{s4} 未満か否かを調べる。 $D_{max} < D_{s4}$ の場合には、ステップS411から前述のステップS413へ進んで領域R1に分類し、減速を行う。これは、車間距離 D_{r0} が目標車間距離 D_s より接近した危険な状態であるため、減速を行なって速やかに車間距離を回復するのである。

【0232】また、前記ステップS411で、 $D_{max} \geq D_{s4}$ の場合には、ステップS412へ進み、最大車間距離 D_{max} が車間距離の設定値 D_{s3} (図30参照) より大きいか否かを調べ、 $D_{max} > D_{s3}$ の場合、前述のステップS414で領域R2へ分類して加速を行なうことにより先行車を追いかけ、 $D_{max} \leq D_{s3}$ の場合には、前述のステップS415で、領域R3へ分類して速度保持を行なう。

【0233】一方、以上の速度制御処理に対し、図44の操作入力対応処理によって運転者による定速走行スイッチ1の操作入力が監視され、定速走行時の運転者の操作が優先される。

【0234】すなわち、図44のステップS501で、リレー17がONか否かを調べ、リレー17がONの場合、ステップS502で、セット/コーストスイッチ1bのON、OFFを監視するための信号線8dの電圧がONレベルであるか否かを調べ、ONレベルのとき、ステップS503でリレー17を直ちにOFFに戻して運転者の操作を優先し、ONレベルでないときには、ステップS504でリレー17のON状態の継続を許可する。

【0235】一方、前記ステップS501で、リレー17がOFFのときには、前記ステップS501からステップS505へ進み、リレー18がONか否かを調べる。そして、リレー18がONのとき、ステップS506へ進み、リジューム/アクセルスイッチ1aのON、OFFを監視するための信号線8eの電圧がONレベルであるか否かを調べ、ONレベルのとき、ステップS507でリレー18を直ちにOFFに戻して運転者の操作を優先し、ONレベルでないときには、ステップS508でリレー18のON状態の継続を許可する。

【0236】また、リレー17、18が共にONしておらず、ステップS505からステップS509へ進んだ場合には、ステップS509で、信号線8dあるいは信号線8eの電圧がONレベルであるか否かを調べ、信号線8dあるいは信号線8eの電圧がONレベル、すなわち運転者によって操作が行なわれているときには、ステップS510で、リレー17、18とも操作を禁止し、信号線8d及

*【0230】アクセル状態での加速度 A_a は、自車両100の速度 V_0 を前述の(12)式に代入した以下の(16)式で計算され、最大車間距離 D_{max} は、以下の(17)式で計算される。

*【0231】

$$\dots (16)$$

$$\dots (17)$$

び信号線8eの電圧が共にONレベルでなく、運転者による操作が行なわれていないときには、ステップS511でリレー17、18の操作を許可する。

【0237】さらに、前述の速度制御処理に対し、図45の警報出力処理のプログラムが割込み実行され、先行車との車間距離の異常接近や衝突の可能性を判断して、警報を発する。

【0238】この警報出力処理では、ステップS601で、画像認識処理用コンピュータ110の出力用メモリ115に記憶されている先行車との車間距離 D_{r0} 及び相対速度 V_{r0} の検出値、車速センサ5からの自車両100の速度 V_0 の検出値等の自車両100と先行車の状態を入力し、次いで、ステップS602で、入力したデータから先行車が検出されているか否かを調べる。

【0239】そして、先行車を検出していない場合にはプログラムを抜け、先行車を検出している場合、ステップS603へ進んで、先行車の相対速度 V_{r0} が正であるか負であるかを調べ、 $V_{r0} \geq 0.0$ の場合、すなわち、先行車が遠ざかって行く場合には、プログラムを抜け、 $V_{r0} < 0.0$ の場合、すなわち、先行車が接近してくる場合には、ステップS604へ進み、定速走行制御ユニット2をコースト状態にした場合の減速度 A_c と最小車間距離 D_{min} を計算する。

【0240】尚、コースト状態での減速度 A_c 、最小車間距離 D_{min} は、前述の速度制御処理において説明した(14)式、(15)式でそれぞれ計算される。

【0241】次に、ステップS605へ進み、前記ステップS604で計算した最小車間距離 D_{min} が目標車間距離 D_s の $1/3$ より小さいか否かを調べ、 $D_{min} < (1/3) \times D_s$ の場合には、先行車と自車両100とが衝突する可能性があるため、ステップS606で衝突警報を発生してディスプレイ16に出力し、前述したように、例えばディスプレイ16の位置表示部16dを赤色で点灯して警告し、運転者にブレーキ操作を促す。

【0242】一方、前記ステップS605で最小車間距離 D_{min} が目標車間距離 D_s の $1/3$ 以上の場合には、ステップS607へ進み、最小車間距離 D_{min} が目標車間距離 D_s の $2/3$ より小さいか否かを調べる。そして、 $D_{min} \geq (2/3) \times D_s$ の場合にはプログラムを抜け、 $D_{min} < (2/3) \times D_s$ の場合には、車間距離の異常接近が生じるおそれがあるため、ステップS608で接近警報を発生してディスプレイ16に出力し、前述したように、例えばディスプレイ16の位置表示部16d

を黄色で点灯し、運転者に警告を与える。

【0243】図46及び図47は本発明の第2実施例に係わり、図46は定速走行制御ユニットと車間距離制御ユニットとの接続図、図47は操作入力対応処理のフローチャートである。

【0244】本実施例は、前述の第1実施例に対し、定速走行制御ユニット2と車間距離制御ユニット14との接続関係において、運転者による定速走行操作レバーの操作状態を検知するための信号線の接続を変更したものであり、3個のスイッチ15a、15b、15cからなる第1実施例の切換スイッチ15を、スイッチ15d、15eを加えた5個のスイッチからなる切換スイッチSW1とし、さらに、スイッチ15f、15gの2個のスイッチからなる切換スイッチSW2を追加したものである。

【0245】前記切換スイッチSW2は、運転者の前記切換スイッチSW1の操作に連動して開閉され、互いに逆のON・OFF動作を行なうようになっており、運転者が前記切換スイッチSW1をONにすると、連動して切換スイッチSW2がOFFにされ、定速走行制御ユニット2と車間距離制御ユニット14とが接続されるようになっている。

【0246】図46に示すように、前記切換スイッチSW1の各スイッチ15a、15b、15cは、第1実施例同様、信号線7a、7b、7cから分岐する分岐線8a、8b、8cにそれぞれ介装され、前記切換スイッチSW2の各スイッチ15f、15gが、信号線7b、7cから各分岐線8b、8cが分岐する分岐点より定速走行スイッチ1側で信号線7b、7cにそれぞれ介装されている。

【0247】また、第1実施例の信号線8d、8eに代えて、前記スイッチ15f、15gより定速走行スイッチ1側で前記信号線7b、7cから分岐線8f、8gが分岐されており、各分岐線8f、8gに、前記切換スイッチ15のスイッチ15d、15eがそれぞれ介装されている。

【0248】すなわち、本実施例では、切換スイッチSW1がONして切換スイッチSW2がOFFすることにより車間距離制御ユニット14と定速走行制御ユニット2が接続されるため、定速走行スイッチ1が定速走行制御ユニット2から切り離され、運転者による定速走行スイッチ1のON、OFFが分岐線8f、8gを介して車間距離制御用コンピュータ120で検知され、この車間距離制御用コンピュータ120でリレー17、18がON、OFFされて前記定速走行スイッチ1の代わりの信号が定速走行制御ユニット2に送られるようになっている。

【0249】この定速走行制御ユニット2と車間距離制御ユニット14との接続関係の変更に伴い、車間距離制御用コンピュータ120における操作入力対応処理が若

干変更され、図47に示すように、ステップS701で、分岐線8gの電圧がONレベルであるか否かを調べ、ONレベルのとき、すなわち、運転者が定速走行操作レバーを操作してリジューム/アクセルスイッチ1aをONしたときには、ステップS702でリレー17をON、リレー18をOFFにして、リジューム/アクセルスイッチ1aと同じ信号を定速走行制御ユニット2に送る。

【0250】また、前記ステップS701で、分岐線8gの電圧がONレベルでない場合には、前記ステップS701からステップS703へ進み、分岐線8fの電圧がONレベルか否かを調べる。そして、分岐線8fの電圧がONレベルで、運転者が定速走行操作レバーを操作してセット/コーストスイッチ1bをONしたときには、ステップS704で、リレー17をOFF、リレー18をONにして、セット/コーストスイッチ1bと同じ信号を定速走行制御ユニット2に送る。

【0251】また、前記ステップS701で分岐線8gの電圧がONレベルでなく、且つ、前記ステップS703で分岐線8fの電圧がONレベルでない場合、すなわち、運転者による定速走行操作レバーの操作がない場合には、前記ステップS703からステップS705へ進み、リレー17、18の操作を許可し、車間距離制御用コンピュータ120による速度制御を実行させる。

【0252】その他の構成、作用は、前述の第1実施例と同様であり、高速道路等を定速走行中に前方に遅い車輛がいても自動的に減速され、車間距離を安全に保つことができる。しかも、車間距離制御ユニット14が作動中であっても、運転者は通常通りに定速走行操作レバーによる操作が可能で、且つ、車間距離制御ユニット14における加減速の判断よりも運転者の操作が優先される。

【0253】また、車間距離制御ユニット14を使用しない場合には、切換スイッチSW1をOFFにすることで車間距離制御ユニット14が切り離され、同時に、切換スイッチSW2がONされて定速走行スイッチ1と定速走行制御ユニット2が直結される。これにより、従来通り、定速走行制御ユニット2の機能を使用することができる。

【0254】図48～図52は本発明の第3実施例に係わり、図48は走行制御装置の全体構成図、図49は車間距離制御装置の回路ブロック図、図50はレーザビームの走査方法を側面から示す説明図、図51はレーザビームの走査方法を上面から示す説明図、図52はレーザレーダ測距ユニットで計測される立体物の2次元分布を示す説明図である。

【0255】本実施例の走行制御装置600は、図48に示すように、前述の第1実施例に対し、ステレオ光学系10及び画像処理ユニット13に代えて、レーザ投光ユニット601及びレーザ・レーダ測距ユニット610を先行車検出手段として採用し、このレーザ・レーダ測

距ユニット610に車間距離制御ユニット14を接続するものであり、他の構成は前述の第1実施例と同様である。

【0256】前記レーザ・レーダ測距ユニット610は、レーザビームを投射し、このレーザビームが物体に当たって反射してくる光を受光し、この所要時間から物体までの距離を測定するものであり、周知の装置を適用することができ、前記レーザ・レーダ測距ユニット610によって得られる立体物の2次元分布の位置情報を前述の第1実施例と同様の方法で処理し、車間距離を制御

することができる。
【0257】すなわち、本実施例では、レーザビームの投射・受光と左右方向への走査機能を有するレーザ投光ユニット601が車輛550の前部に取り付けられており、図49に示すように、レーザ・レーダ測距ユニット610には、レーザビームの投光受光の所要時間から物体までの距離を計算し、また、レーザビームを走査する方向から物体の二次元の位置を計算する距離検出回路620a、検出された物体の二次元の位置を書き込む2次元分布メモリ620bが備えられ、この2次元分布メモリ620bに書き込まれた二次元分布情報を読み出して先行車を検出し、その車間距離及び相対速度を算出するために、第1実施例における画像認識処理用コンピュータ110が利用できる。

【0258】図50に示すように、前記レーザ投光ユニット601からはレーザビームが水平に投射され、道路表面より高い位置にある立体物のみが検出される。また、図51に示すように、レーザビームは左右方向に走査され、所定の走査範囲で一定の間隔毎にレーザビームが投光・受光されて距離を検出する動作が繰り返され、立体物の二次元分布が計測される。

【0259】例えば、前方に他の車輛がある状況を前記レーザ・レーダ測距ユニット610で計測すると、図52に示すような立体物の二次元分布のデータが得られる。従って、これらのデータに対し、第1実施例と同様の物体検出処理を行なうことにより先行車を検出し、その車間距離及び相対速度を算出することができる。

【0260】本実施例においても、前述の第1、第2実施例と同様、高速道路等を定速走行中に前方に遅い車輛がいても自動的に減速され、車間距離を安全に保つことができ、また、車間距離制御ユニット14が作動中であっても、運転者は通常通りに定速走行操作レバーによる操作が可能で、且つ、車間距離制御ユニット14における加減速の判断よりも運転者の操作が優先される。さらに、車間距離制御ユニット14を使用しない場合には、従来通り、定速走行制御ユニット2の機能を使用することができる。

【0261】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、先行車検出手段によって先行車を検出し、先行車と自車輛

との車間距離及び自車輛に対する先行車の相対速度を算出した後、車間距離制御手段で、この車間距離及び相対速度に基づいて自車輛と先行車との車間距離を目標車間距離にするための速度制御モードを判断し、判断した速度制御モードに応じて運転者の指示操作入力に対応する信号を定速走行制御手段に出力するため、先行車との車間距離を安全に保ち、しかも、既存の定速走行制御手段を用いてコストの増大を最小限に押さえつつ高い信頼性を得ることができる。

【0262】また、先行車検出手段で算出した相対速度が負の値で、先行車が近づいてくる状況のとき、警報出力手段で、前記定速走行制御手段によって自車輛を減速させたときの減速度から、所定時間推移後の車間距離を推定し、前記車間距離制御手段で設定した目標車間距離に対して設定範囲内にあるか否かを判断し、その判断結果に応じて警報を出力するため、先行車が遠方にいる時点から警報を発し、運転者の運転操作に十分な時間的余裕を与えることができ、より安全性を高めることができる等優れた効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1～図45は本発明の第1実施例に係り、図1は走行制御装置の全体構成図

【図2】定速走行制御ユニットと車間距離制御ユニットとの接続図

【図3】車間距離制御装置の回路ブロック図

【図4】ディスプレイの画面を示す説明図

【図5】車輛の正面図

【図6】カメラと被写体との関係を示す説明図

【図7】イメージプロセッサの詳細回路図

【図8】シティブロック距離計算回路の説明図

【図9】最小値検出回路のブロック図

【図10】車載のCCDカメラで撮像した画像の例を示す説明図

【図11】距離画像の例を示す説明図

【図12】車輛の上面図

【図13】車輛の側面図

【図14】画像認識処理用コンピュータの機能ブロック図

【図15】道路モデルの例を示す説明図

【図16】3次元ウインドウの形状を示す説明図

【図17】2次元ウインドウの形状を示す説明図

【図18】直線要素とデータのずれ量を示す説明図

【図19】ずれ量と重み係数の関係を示す説明図

【図20】検出した道路形状の例を示す説明図

【図21】画像の区分方法を示す説明図

【図22】検出物体とヒストグラムの関係を示す説明図

【図23】物体の存在領域の検出結果と検出距離の例を示す説明図

【図24】物体検出用の3次元ウインドウの形状を示す説明図

【図25】物体検出用の2次元ウインドウの形状を示す説明図

【図26】物体の輪郭を構成するデータの例を示す説明図

【図27】物体の輪郭像と検出された外径寸法の例を示す説明図

【図28】車間距離制御用コンピュータの機能ブロック図

【図29】加減速判断の概念を示す説明図

【図30】領域R4の区分を示す説明図

【図31】領域R4での速度制御を示す説明図

【図32】速度制御の効果を示す説明図

【図33】警報判断の説明図

【図34】イメージプロセッサの動作を示すフローチャート

【図35】シフトレジスタ内の保存順序を示す説明図

【図36】シティブロック距離計算回路の動作を示すタイミングチャート

【図37】ずれ量決定部の動作を示すタイミングチャート

【図38】イメージプロセッサの動作を示すタイミングチャート

【図39】道路検出処理のフローチャート

【図40】道路検出処理のフローチャート（続き）

*【図41】物体検出処理のフローチャート

【図42】物体検出処理のフローチャート（続き）

【図43】速度制御処理のフローチャート

【図44】操作入力対応処理のフローチャート

【図45】警報出力処理のフローチャート

【図46】図46及び図47は本発明の第2実施例に係わり、図46は定速走行制御ユニットと車間距離制御ユニットとの接続図

【図47】操作入力対応処理のフローチャート

10 【図48】図48～図52は本発明の第3実施例に係わり、図48は走行制御装置の全体構成図

【図49】車間距離制御装置の回路ブロック図

【図50】レーザビームの走査方法を側面から示す説明図

【図51】レーザビームの走査方法を上面から示す説明図

【図52】レーザ・レーダ測距ユニットで計測される立体物の2次元分布を示す説明図

【符号の説明】

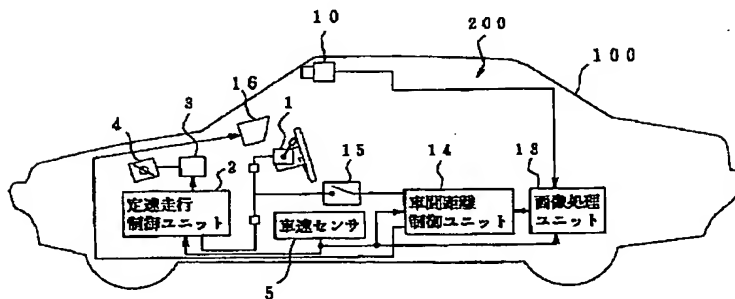
20 2 定速走行制御ユニット（定速走行制御手段）

10 ステレオ光学系（先行車検出手段）

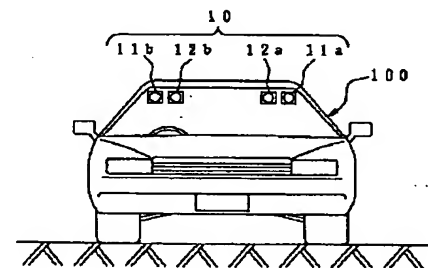
13 画像処理ユニット（先行車検出手段）

14 車間距離制御ユニット（車間距離制御手段、警報出力手段）

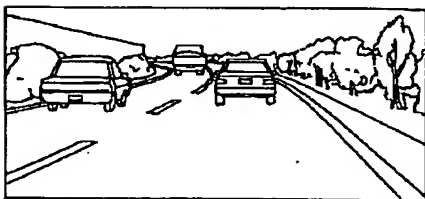
【図1】



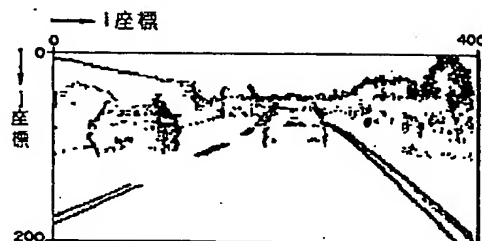
【図5】



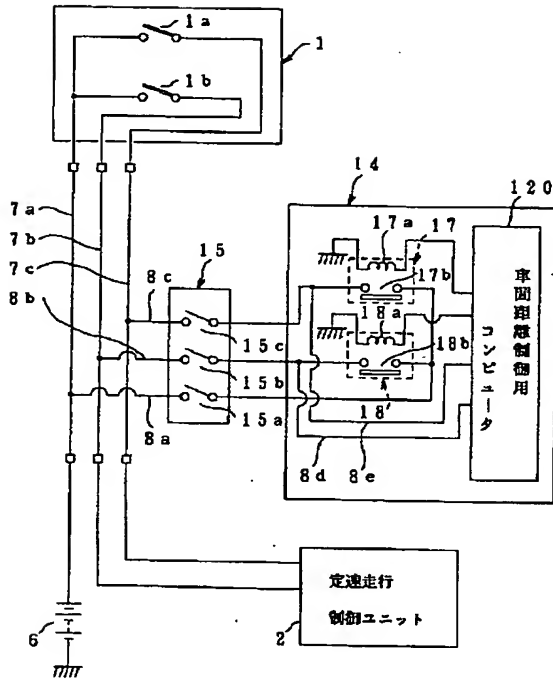
【図10】



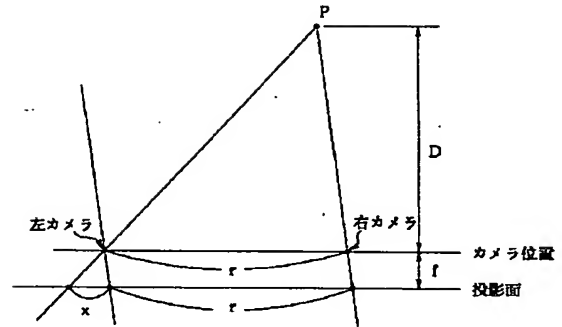
【図11】



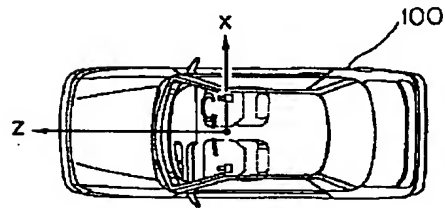
【図2】



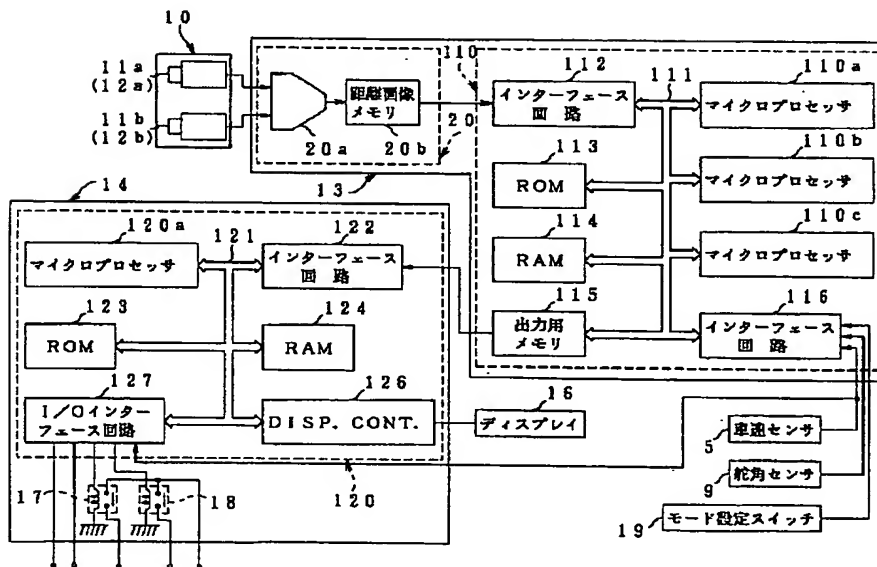
【図6】



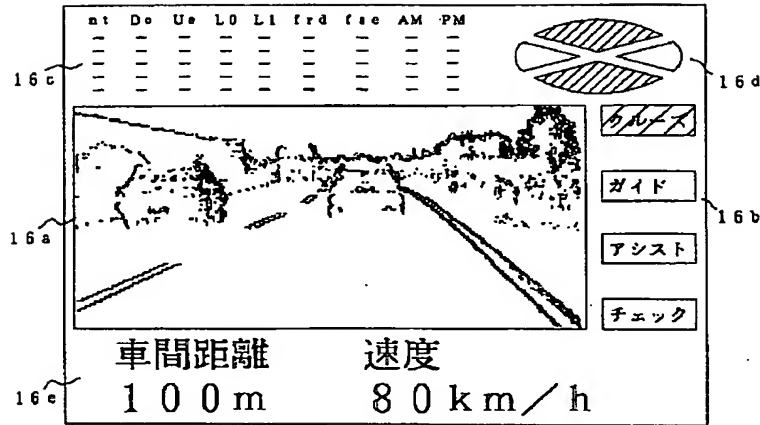
【図12】



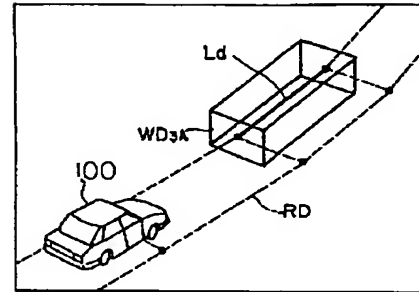
【図3】



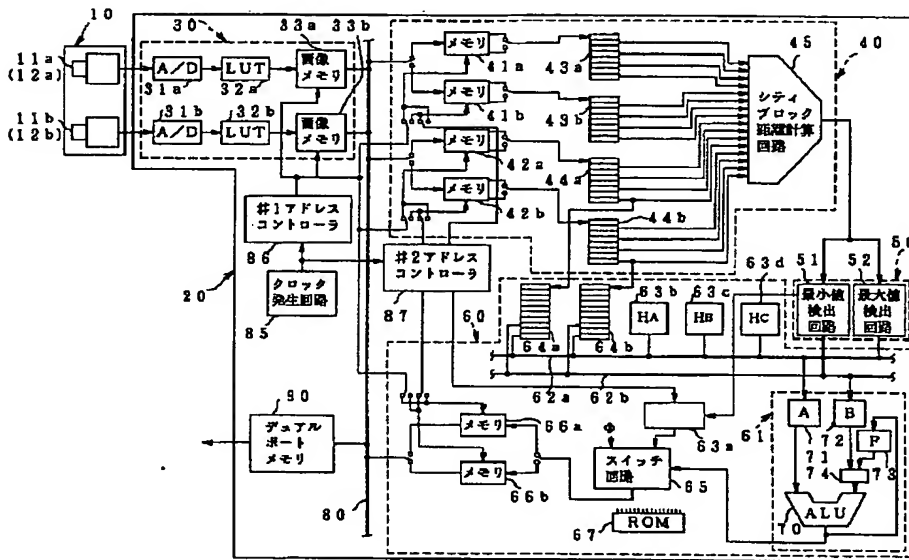
【図4】



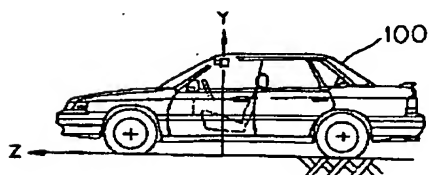
【図16】



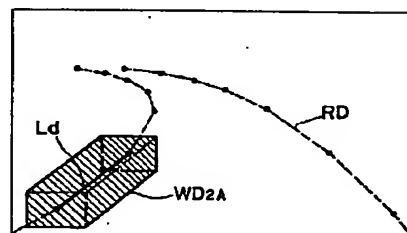
【図7】



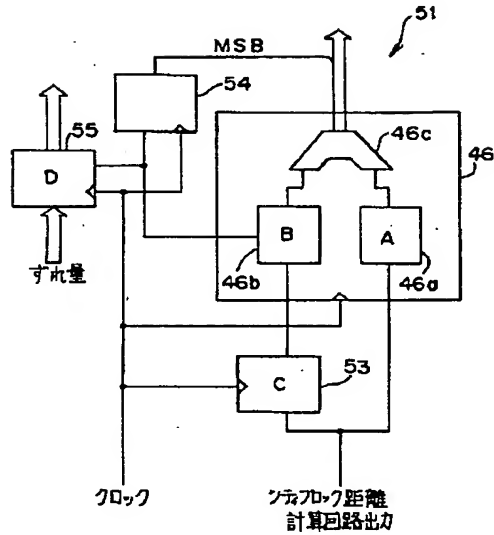
【図13】



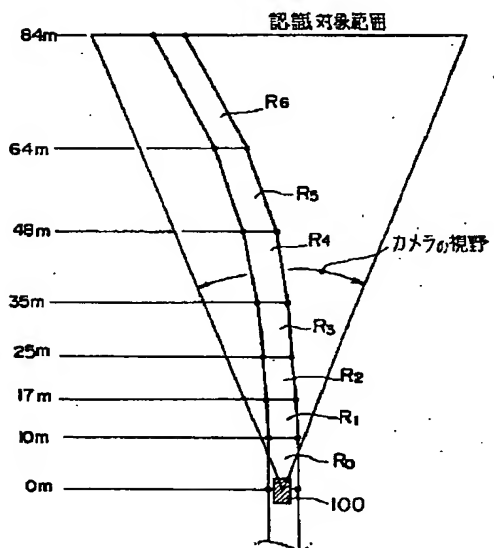
【図17】



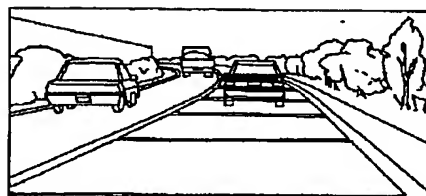
【圖9】



【圖 15】

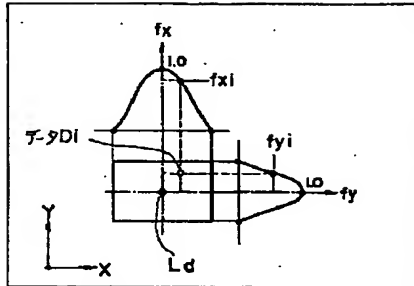


【図 3 1】

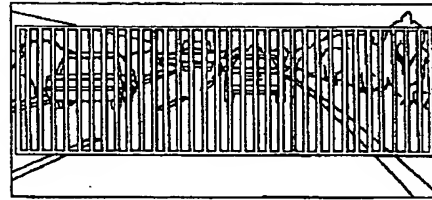


区分番号	速度の制御方法
S1	速度保持
S2	クップ・アップ 1回
S3	" 2回
S4	クップ・ダウン 1回
S5	速度保持
S6	クップ・アップ 1回
S7	クップ・ダウン 2回
S8	" 1回
S9	速度保持

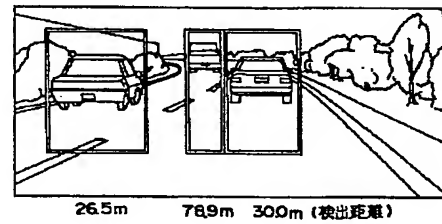
【図19】



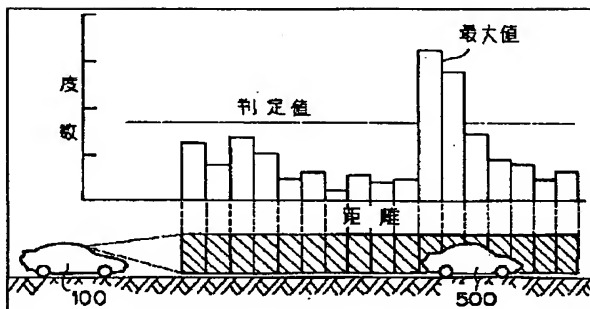
【図21】



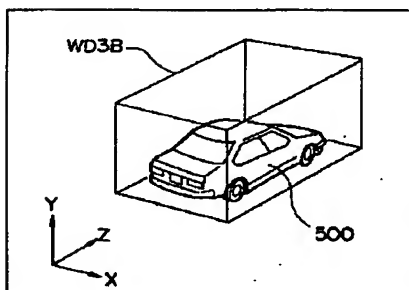
【図23】



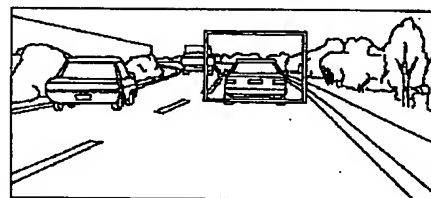
【図22】



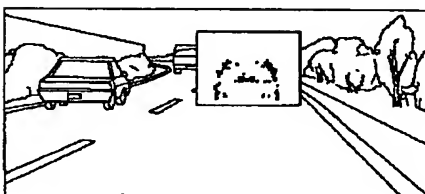
【図24】



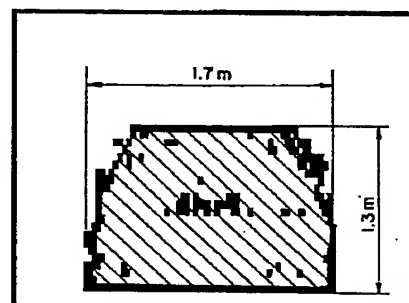
【図25】



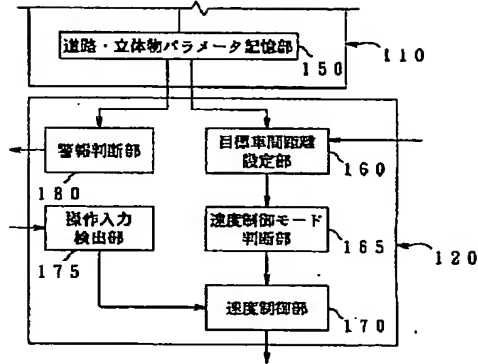
【図26】



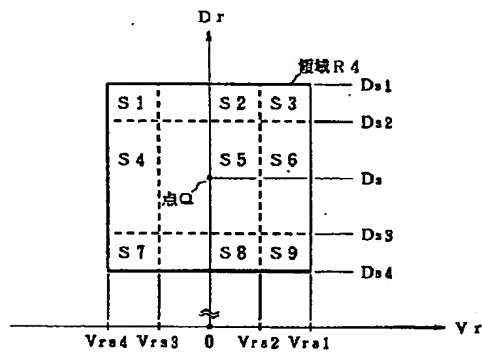
【図27】



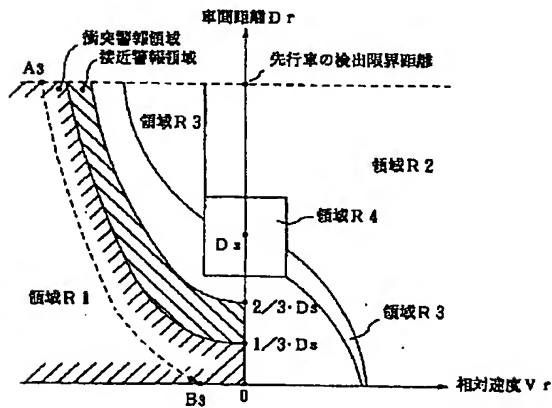
【図 28】



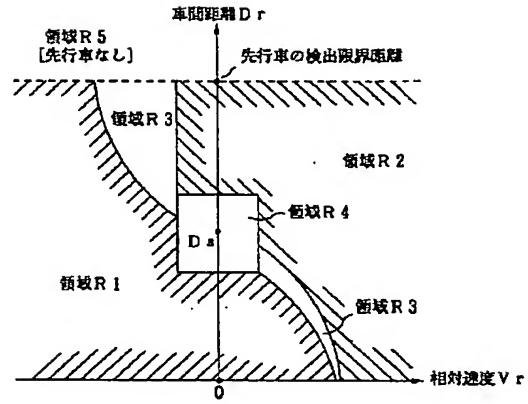
【図 30】



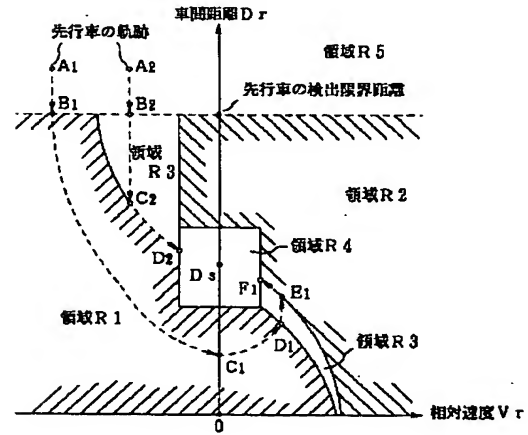
【図 33】



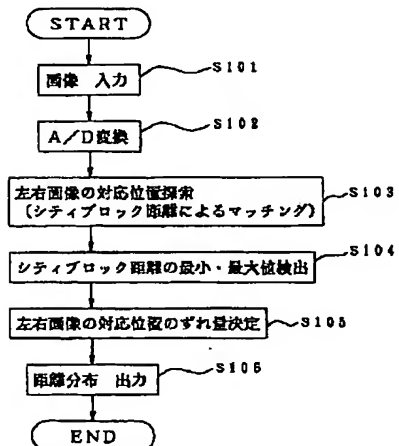
【図 29】



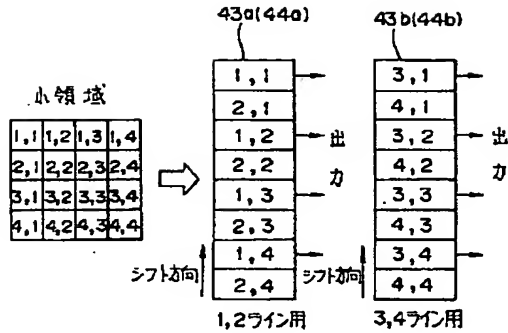
【図 32】



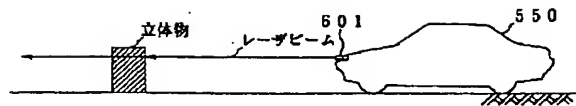
【図 34】



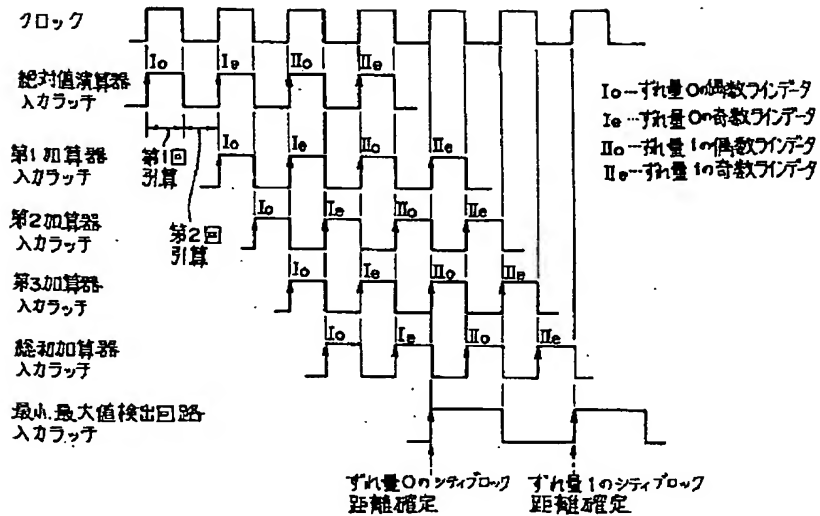
【図35】



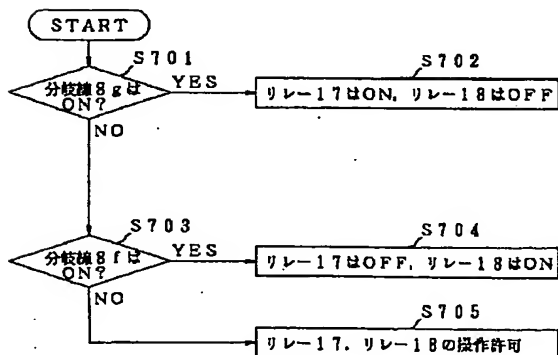
【図50】



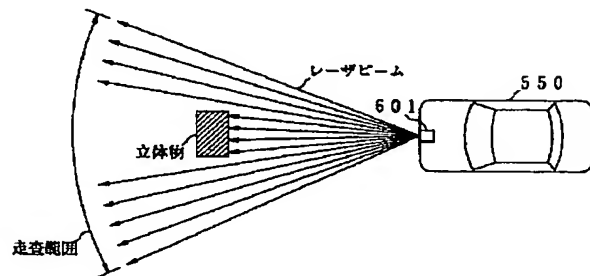
【図36】



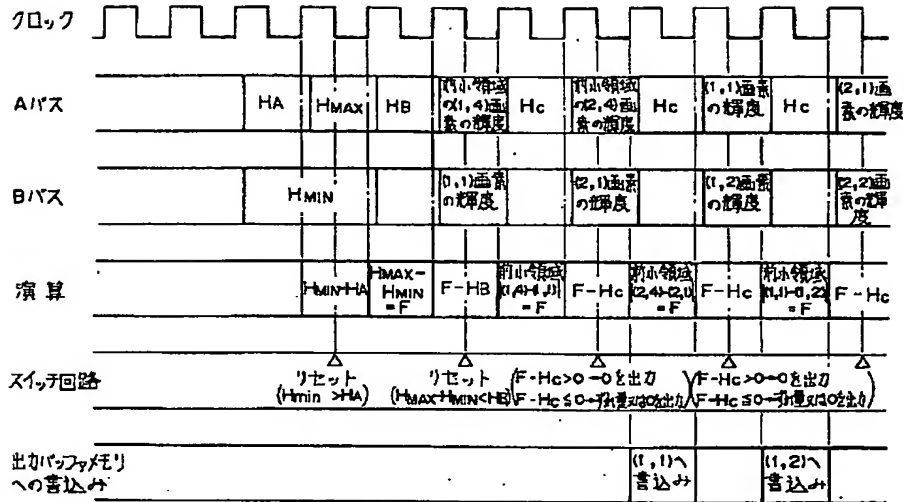
【図47】



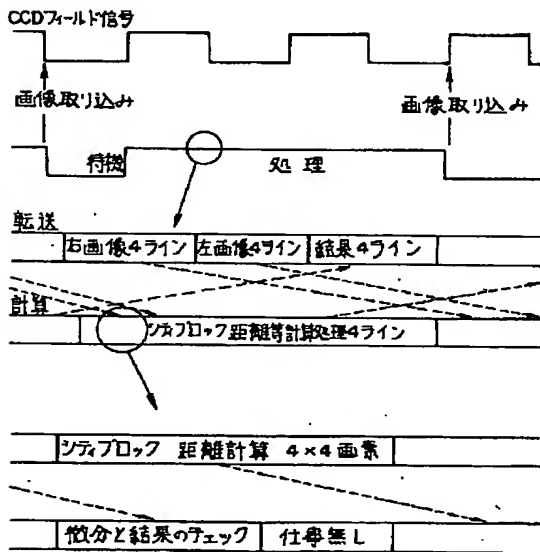
【図51】



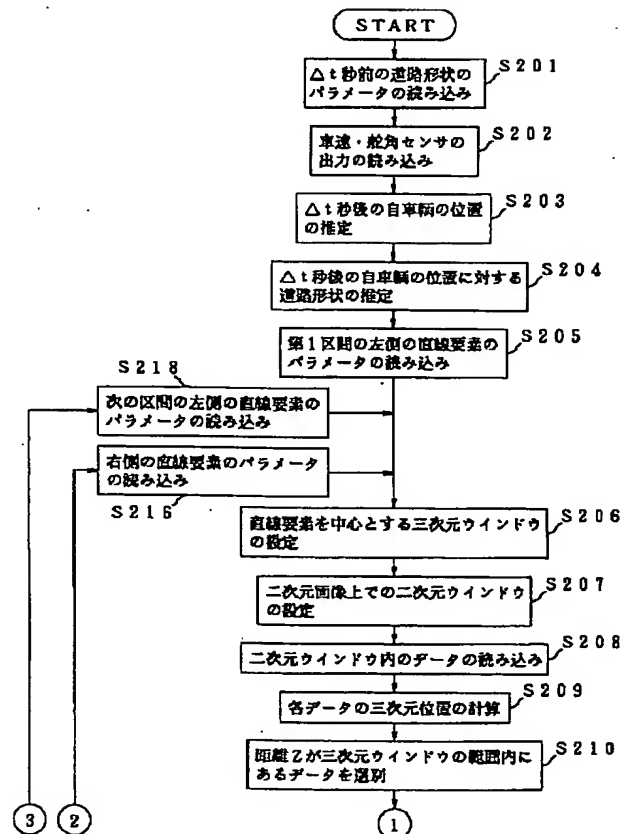
【図37】



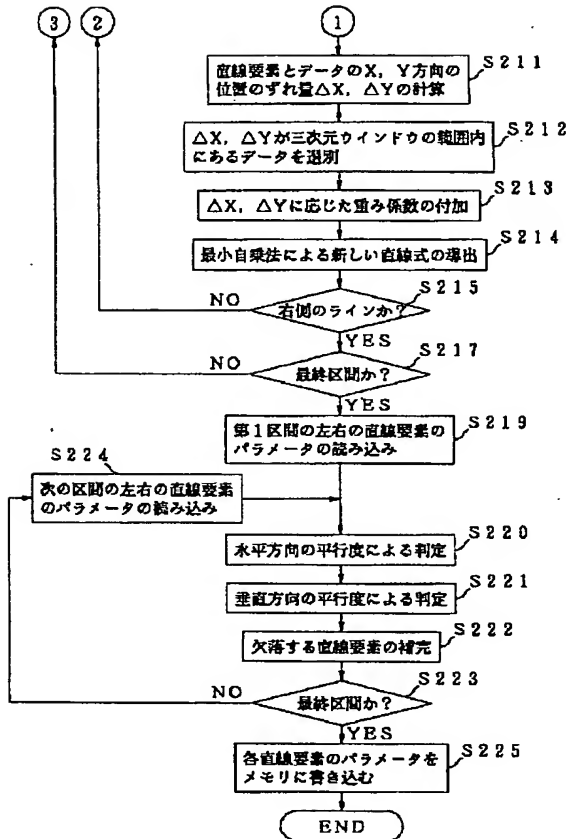
【図38】



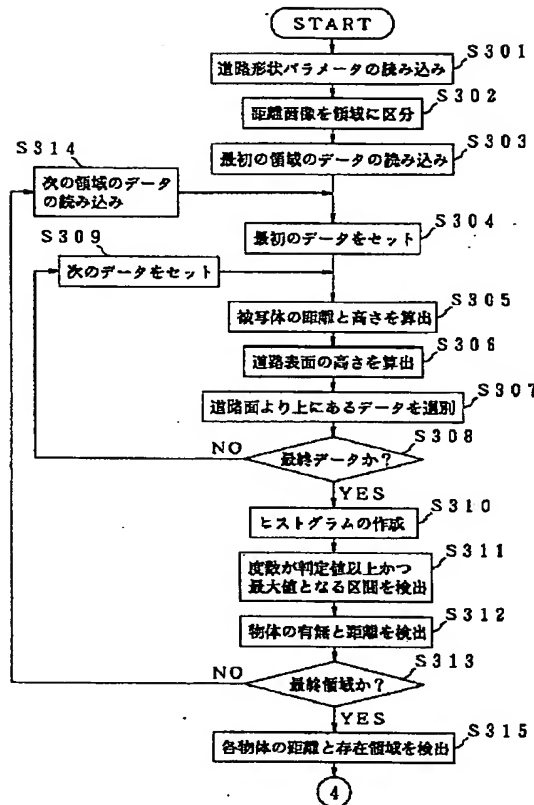
【図39】



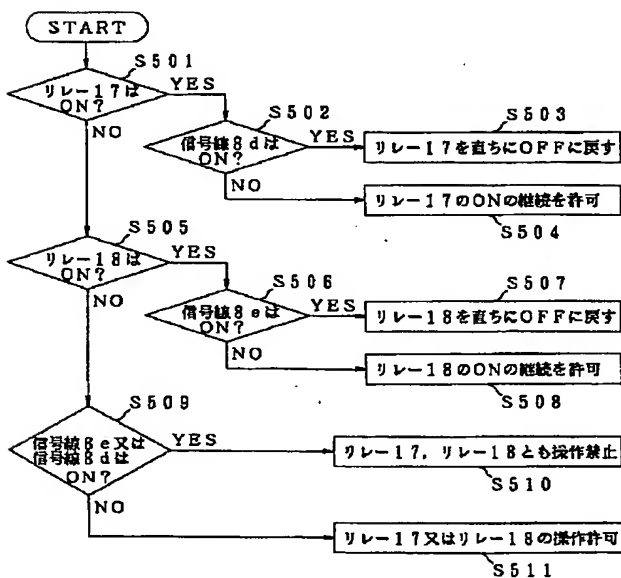
【図40】



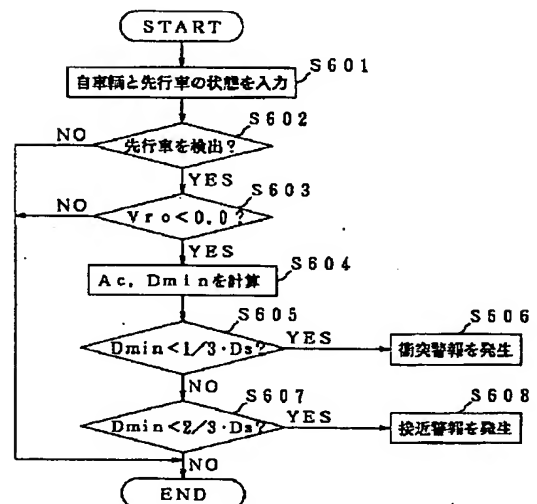
【図41】



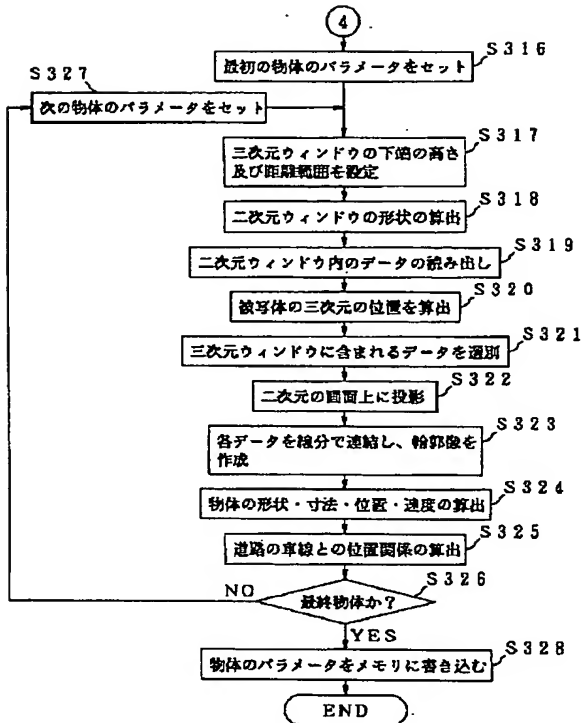
【図44】



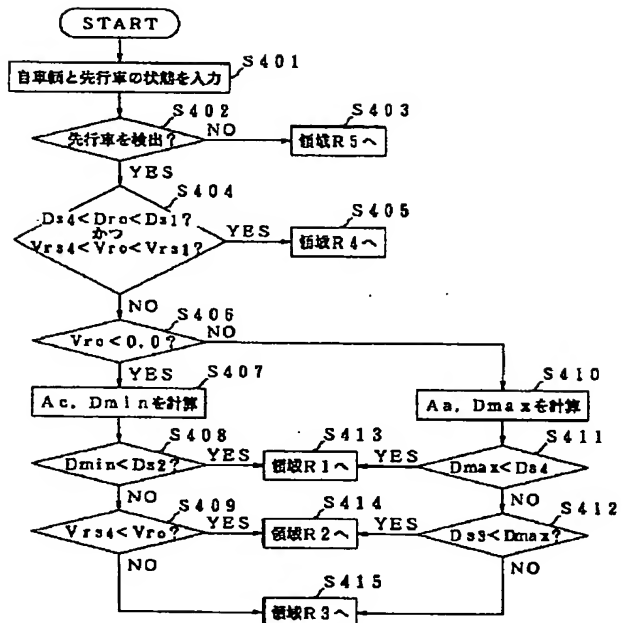
【図45】



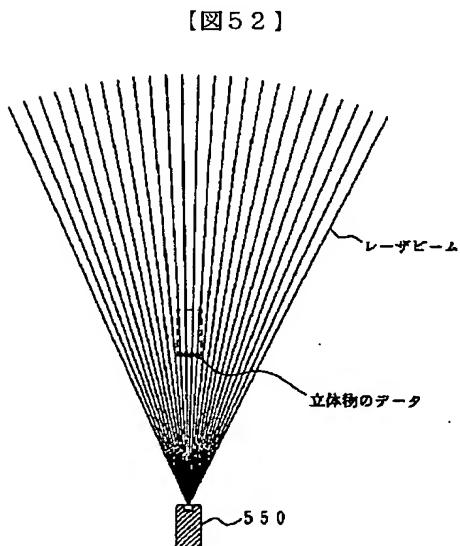
【図42】



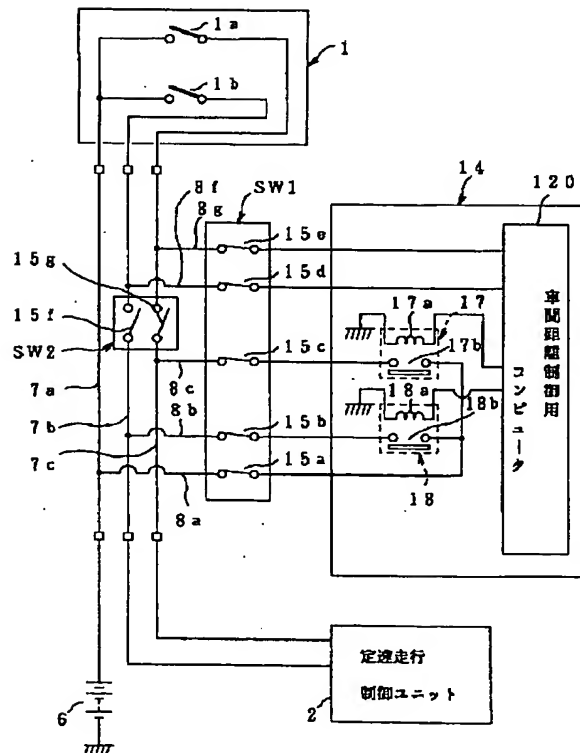
【図43】



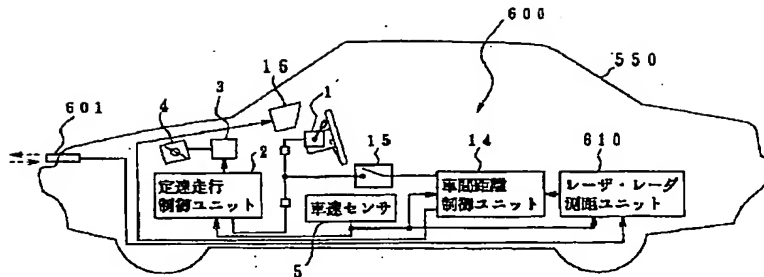
【図46】



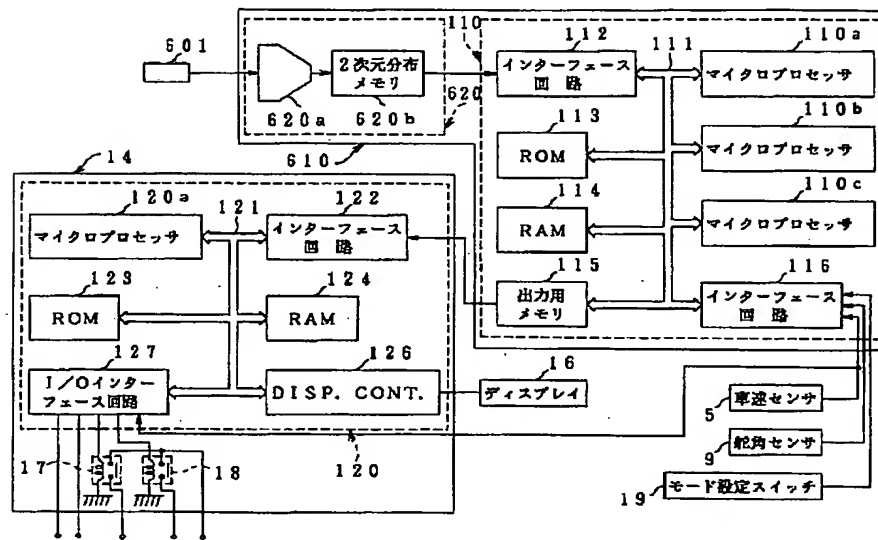
【図52】



【図48】



【図49】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.[°]

G 0 8 G 1/16

// G 0 1 S 17/93

G 0 5 D 1/02

識別記号

弁内整理番号

F I

技術表示箇所

E 7740-3H

C 7740-3H

J

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.